

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ІВАНА ПУЛЮЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять з дисципліни

«Будівельні конструкції, будівлі і споруди»

Частина II: Будівельні споруди

(для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
денної і заочної форми навчання)

Затверджено

на засіданні кафедри

будівельної механіки.

Протокол № 10 від 09.06.21

на засіданні методичної ради факультету ін-
женерії машин, споруд та технологій

Протокол № 9 від 23.06.21

ТЕРНОПІЛЬ 2021

УДК 624

ББК 38.6-5

Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Будівельні конструкції, будівлі і споруди». Частина II: Будівельні споруди. / (для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» денної і заочної форми навчання) / Укл.: В.Б. Ігнат'єва. – Тернопіль: вид-во ТНТУ ім. І. Пулюя, 2021 – 70 с.

У методичних вказівках наведено короткі відомості по темах курсу, наведені варіанти задач і методичні рекомендації для вирішення цих задач.

Укладачі

В. Б. Ігнат'єва, доц., к.т.н.,

Відп. за випуск

В.П. Ясній, доц., д.ф.

Рецензент

О. І. Качка, головний інженер ТзОВ «Перспектива ресурс»

ЗМІСТ

Вступ	4
Тема 1. Розрахунок основних параметрів автомобільної дороги	6
Тема 2. Розрахунок підпірних стін	29
Тема 3. Розрахунок довжини злітно-посадкової смуги в місцевих умовах аеродрому	44
Додатки.....	51
Література, що рекомендується.....	69

ВСТУП

Для закріплення теоретичних основ з дисципліни «Будівельні конструкції, будівлі і споруди» навчальним планом передбачені практичні заняття і самостійна робота, результатами яких є розрахунки, які закріплюють навички самостійного застосування вивчених теоретичних питань і самостійної інженерної діяльності.

Курс «Будівельні конструкції, будівлі і споруди» належить до вибіркових дисциплін.

Метою курсу є формування спеціалізованої компетенції щодо здатності проектувати та будувати будівельні конструкції, будівлі і споруди, застосовуючи методики розрахунку та основні принципи проектування на базі знання основних понять які стосуються будівельних конструкцій, будівель і споруд, їх класифікації, методики розрахунку, основних принципів проектування, а також законодавчих та нормативних документів, які стосуються певного виду будівельних конструкцій, будівель і споруд.

За результатами вивчення дисципліни студент повинен продемонструвати такі результати навчання:

- *знати*: основні поняття, які стосуються будівельних конструкцій і інженерних споруд, їх класифікацію, конструктивні особливості, методику розрахунку та основні принципи проектування, законодавчі та нормативні документи, які стосуються певного виду будівельних конструкцій і інженерних споруд;
- *розуміти*: взаємозв'язок між правильними розрахунками будівельних конструкцій і інженерних споруд, їх проектуванням та якістю будівництва;
- *застосовувати*: методики розрахунку та основні принципи проектування різних будівельних конструкцій і інженерних споруд для розрахунку та проектування цих конструкцій і споруд;
- *аналізувати*: результати розрахунків і проектування різних будівельних конструкцій і інженерних споруд;
- *синтезувати*: результати аналізу розрахунків і проектування різних будівельних конструкцій і інженерних споруд;
- *оцінювати*: правильність розрахунків і проектування різних будівельних конструкцій і інженерних споруд.

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у студентів компетентностей:

загальних:

- володіння культурою мислення, здатність до узагальнення, аналізу, сприйняття інформації;
- вміння використовувати фундаментальні закони природи, закони природничо-наукових дисциплін і механіки в процесі професійної діяльності;

- вміння проявляти оригінальність і творчість у застосуванні знань та вмінь;
- вміння використовувати нормативно-правові документи для вирішення задач;
- вміння відслідковувати і критично осмислювати зміни в нормативно-правових документах.

фахових:

- вміння інтерпретувати і поміщати відповідну інформацію у відповідний контекст будівельних розрахунків і досліджень;
- вміння застосовувати фізико-математичний апарат, теоретичні, розрахункові і експериментальні методи досліджень, методи математичного і комп'ютерного моделювання в процесі професійної діяльності;
- здатність виконувати розрахункові та проектувальні роботи для будівельних конструкцій, будівель і споруд на підставі чинних законодавчих та нормативних документів, в тому числі і з використанням програмних систем комп'ютерного проектування на основі ефективного поєднання передових технологій;
- здатність узагальнювати, аналізувати та оцінювати результат виконаних робіт в процесі будівництва будівель і споруд.

ТЕМА 1: РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ

Мета практичного заняття: Оволодіння слухачами навичками щодо визначення основних норм проектування автомобільної дороги в залежності від інтенсивності та складу руху автомобілей.

Після вивчення теми слухачі повинні вміти:

- виконувати розрахунок основних технічних нормативів автомобільної дороги у відповідності з обраними розрахунковими автомобілями;
- аналізувати результати виконаних розрахунків основних технічних нормативів автомобільної дороги;
- оцінювати правильність розрахунків основних технічних нормативів автомобільної дороги.

Короткі теоретичні відомості

Виділяють 4 групи змінних в часі показників, від яких залежить ефективність роботи автомобільної дороги: транспортна робота автомобільної дороги; транспортно-експлуатаційні якості дорожнього одягу та земляного полотна; загальний стан автомобільної дороги і умови руху по ній; ефективність транспортної роботи дороги.

Одним з основних показників транспортної роботи дороги є інтенсивність руху.

Інтенсивність руху N - кількість транспортних засобів, що проходять через дану ділянку дороги за одиницю часу (годину, добу, тиждень, місяць, рік).

Залежно від інтенсивності руху встановлюється категорія автомобільної дороги, вибираються терміни виконання ремонту дороги і заходи щодо організації руху.

Розрахункова середньорічна добова перспективна інтенсивність руху - передбачуване число автомобілів, які на перспективний термін в 20 років у середньому за рік будуть проходити на добу по дорозі в обох напрямках.

Чим вище розрахункова інтенсивність руху, тим вище повинна бути категорія дороги і краще її технічні характеристики.

Якщо легкові автомобілі становлять більш, ніж 30% загального транспортного потоку, то різні транспортні засоби зводять до легкового транспорту з коефіцієнтами зведення від 0,75 (мотоцикл з коляскою) до 6,0 автопоїзд вантажопідйомністю більше 30 т). Коефіцієнти приведення транспортних засобів до легкового автомобіля наведені в ДБН В.2.3-4-2015 «Споруди транспорту. Автомобільні дороги».

Для розрахунку елементів автомобільних доріг використовують розрахункову швидкість руху.

Розрахункова швидкість - найбільша за умовами безпеки руху швидкість одиночного автомобіля.

Розрахункову швидкість приймають на основі визначеної категорії дороги та залежно від рельєфу місцевості.

Основні елементи автомобільної дороги являють собою сукупність прямих, кривих і похилів, що характеризують дорогу в трьох вимірах: в плані, поздовжньому і поперечному профілях.

Поздовжній (поперечний) похил показує, на яку величину підвищується або знижується поверхню дороги в поперечному або поздовжньому напрямку. Похил дороги вимірюють в тисячних частках, званих проміле, і позначають знаком ‰.

Для елементів плану та поздовжнього профілю вимоги для проектування такі:

- поздовжні похили до 30 ‰;
- відстань видимості за умови зупинки транспортного засобу перед перешкодою – не менше ніж 450 м;
- радіуси кривих у плані – понад 3000 м;
- радіуси опуклих кривих у поздовжньому профілі – понад 70000 м;
- радіуси увігнутих кривих у поздовжньому профілі – понад 8000 м;
- довжину опуклих кривих у поздовжньому профілі – понад 300 м;
- довжину увігнутих кривих у поздовжньому профілі – понад 100 м.

На прямій горизонтальній ділянці водій бачить перед собою дорогу на великій відстані. На кривих у плані та у переломів поздовжнього профілю видима ділянка дороги значно скорочується. У таких місцях при проектуванні повинна бути штучно забезпечена розрахункова видимість - мінімально необхідна відстань, на якій водій повинен бачити попереду дорогу, щоб помітивши перешкоду, усвідомити її небезпеку і встигнути її об'їхати або загальмувати і зупинитися.

У теорії проектування доріг запропоновано багато схем видимості, що розглядають умови руху автомобілів, а також розташування автомобілів та перешкод на дорозі. Всі ці схеми можуть бути розділені на дві принципово різні групи:

- 1) схеми, що передбачають зупинку автомобіля перед перешкодою або зустрічним автомобілем;
- 2) схеми, які виходять із об'їзду автомобілем перешкоди або обгону попутного автомобіля з заїздом на суміжну смугу руху.

В першій групі схем, залежно від вихідних передумов, може розглядатися два варіанти:

- а) Автомобіль зустрічає перешкоду на тій же смузі, і потрібна повна зупинка до перешкоди (рис. 1.1).

Розрахункова відстань видимості дороги визначається за формулою:

$$S_o = l_1 + S_T + l_{зб}, \quad (1.1)$$

де l_1 - шлях, пройдений автомобілем з моменту коли водій побачив перешкоду, до моменту початку гальмування, м;

S_T - гальмівний шлях автомобіля, м;

$l_{зб}$ – зазор безпеки (відстань між перешкодою та автомобілем, що зупинився), приймається 5-10 м, орієнтовно $l_{зб} = \frac{V_p}{10}$.

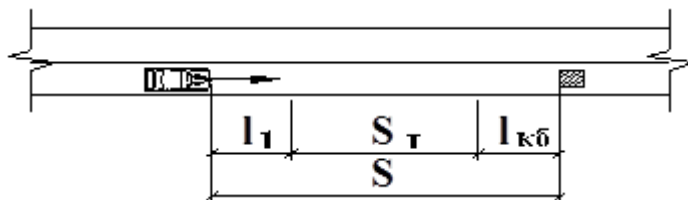


Рисунок 1.1 - Схема до визначення відстані видимості з умови зупинки перед перешкодою

Шлях який проходить автомобіль за час реакції водія визначається за формулою:

$$l_1 = V_p t \quad (1.2)$$

V_p - швидкість руху найбільш швидкісного автомобіля, м/с;

t - час реакції водія, с.

Час реакції водія залежить від багатьох факторів: від віку, стажу водіння, настрою, втоми водія, швидкості руху, дорожніх умов.

Час реакції різний при русі в місті і за містом. У міських умовах він становить $0,6 \div 0,8$ с, за містом - $1,5 \div 2$ с. При розрахунках час реакції водія приймають рівним 1 секунді в складних умовах і 2 секунди - в нормальних умовах.

Гальмівний шлях автомобіля:

$$S_T = \frac{KV_p^2}{2g(\varphi \pm i + f_0)} \quad (1.3)$$

V_p - розрахункова швидкість руху найбільш швидкісного автомобіля, м/с;

K - коефіцієнт ефективності гальмування, приймається для легкових автомобілів - 1,2, а для вантажних автомобілів, автобусів і автопоїздів - 1,3...2,3. При $V > 100$ км/год рекомендується приймати $K = 2,3$;

g - прискорення вільного падіння, м/с²;

φ - коефіцієнт поздовжнього зчеплення (залежить від типу покриття та його стану); приймається в розрахунках для нормальних умов зчеплення - 0,5;

i - ухил ділянки, частки одиниці;

f_0 - коефіцієнт опору коченню, що залежить від типу покриття і його стану.

$$S_o = V_p t + \frac{KV_p^2}{2g(\varphi \pm i + f_0)} + \frac{V_p}{10} \quad (1.4)$$

Для швидкості, яка вимірюється в км/год, залежність запишеться наступним чином:

$$S_o = \frac{V_p t}{3,6} + \frac{KV_p^2}{254(\varphi \pm i + f_0)} + \frac{V_p}{10} \quad (1.5)$$

б) Гальмування двох автомобілів, що рухаються назустріч один одному (рис. 1.2).

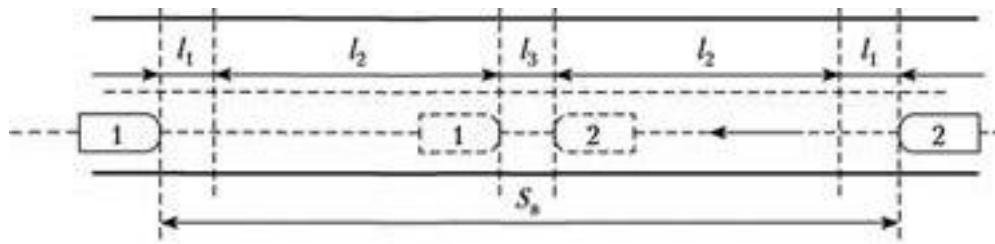


Рисунок 1.2 - Схема до визначення відстані видимості з умови зупинки двох автомобілів, що рухаються назустріч один одному

Відстань видимості дорівнюватиме сумі гальмівних шляхів автомобілів, що рухаються назустріч один одному, двох відстаней, які пройдуть автомобілі за час реакції водіїв і зазору безпеки між зупиненими автомобілями:

$$S_o = l_{\text{л}} + S_{\text{гл}} + l_{\text{в}} + S_{\text{гв}} + l_{\text{зб}}, \quad (1.6)$$

де $l_{\text{л}}$, $l_{\text{в}}$ - шлях, пройдений відповідно легковим та вантажним автомобілем з моменту коли водій побачив перешкоду, до моменту початку гальмування, м;

$S_{\text{гл}}$, $S_{\text{гв}}$ - гальмівний шлях легкового та вантажного автомобіля, м;

$l_{\text{зб}}$ - зазор безпеки (відстань між перешкодою та автомобілем, що зупинився), орієнтовно $l_{\text{зб}} = \frac{V_p}{10}$.

$$S_o = \frac{V_{\text{рл}} t}{3,6} + \frac{KV_{\text{рл}}^2}{254(\varphi \pm i + f_0)} + \frac{V_{\text{рв}} t}{3,6} + \frac{KV_{\text{рв}}^2}{254(\varphi \pm i + f_0)} + l_{\text{зб}} \quad (1.7)$$

Численні схеми для розрахунку видимості з умови обгону засновані на визначенні шляху, необхідного для обгону автомобіля, що їде з меншою швидкістю, більш швидким і неминуче містять ряд припущень про режими і траєкторії руху автомобілів. Дослідження, проведені к.т.н. Ю. М. Ситніковим, показали, що режими руху при обгоні, які спостерігаються на практиці, залежать від багатьох факторів і не можуть бути охоплені якоюсь однією схемою. Тому при визначенні розрахункової відстані видимості з умови обгону доцільно виходити зі схем, досить простих і які забезпечують запас надійності, наприклад схеми, запропонованої проф. М. С. Замахевим (рис. 1.3), яка передбачає наступний процес руху.

Автомобіль об'їжджає перешкоду або обганяє попутний автомобіль з заїздом на суміжну смугу руху, по якій рухається зустрічний автомобіль. Водій автомобіля, що об'їжджає повинен побачити зустрічний автомобіль на такій відстані, щоб встигнути зробити обгін і повернутися на свою смугу до зустрічі з автомобілем.

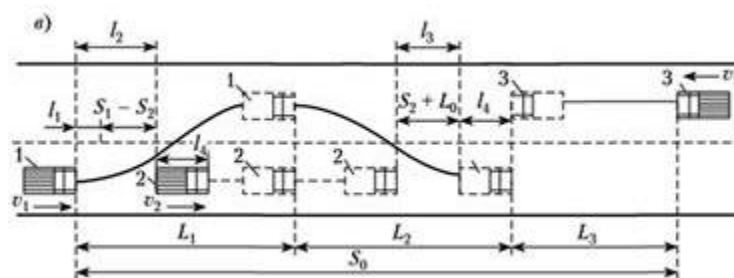


Рисунок 1.3 - Схема до визначення відстані видимості з умови обгону

Відстань видимості з умови обгону:

$$S_0 = L_1 + L_2 + L_3 \quad (1.8)$$

L_1 - шлях, який проходить автомобіль, що обганяє від початку обгону до моменту вирівнювання його з автомобілем, який він обганяє;

L_2 - шлях, який проходить автомобіль, що обганяє від моменту вирівнювання до повернення їм на свою смугу;

L_3 - шлях, який проходить зустрічний автомобіль за час обгону (рис. 1.3).

Опускаючи викладки, остаточно отримаємо вираз:

$$S_0 = \left(l_{36} + l_1 + 2l_2 + \frac{KV_1^2}{2g\varphi} \right) \cdot \frac{V_1 + V_3}{V_1 - V_2} \quad (1.9)$$

де l_{36} - відстань безпеки, $l_{36} = \frac{V_p}{10}$;

l_1 - відстань, яку проходить автомобіль за час прийняття рішення про обгін, $l_1 = V_p t$;

l_2 - довжина автомобіля, який обганяють;

K - коефіцієнт ефективності гальмування;

g - прискорення вільного падіння, м/с²;

φ - коефіцієнт поздовжнього зчеплення;

V_1, V_2, V_3 - швидкості автомобілів (відповідно обганяючого, який обганяють і зустрічного)

Найбільша відстань видимості виходить при розрахунку на зустрічний легковий автомобіль ($V_3 = V_1$). Тому остаточна формула має вигляд:

$$S_0 = \left(l_{36} + l_1 + 2l_2 + \frac{KV_1^2}{2g\varphi} \right) \cdot \frac{2V_1}{V_1 - V_2} \quad (1.10)$$

Для доріг в густонаселеній місцевості, а також на перетинах з автомобільними дорогами та залізницями в одному рівні забезпечення безпеки руху вимагає достатньої бічної видимості придорожньої смуги. Максимальна необхідна відстань бічної видимості:

$$S_{\text{бок}} = \frac{V_{\text{бок}}}{V_p} S_p \quad (1.11)$$

де V_p - розрахункова швидкість автомобіля;

$V_{\text{бок}}$ - швидкість руху транспортного засобу або пішохода по дорозі, що перетинається; для пішохода – 7-10 км/год, для транспортних засобів – 20-30 км/год;

S_0 - розрахункова відстань видимості з умови зупинки перед перешкодою.

Проїзна частина складається з смуг руху.

Смуга руху - ширина проїзної частини, займана рухомими в один ряд автомобілями; складається з ширини автомобіля і зазорів безпеки.

Ширина смуги руху залежить від ширини кузова розрахункового автомобіля «а», його колії «К», величини запобіжної смуги між колесом автомобіля і кромкою проїзної частини «у», величини зазору безпеки між кузовом автомобіля і кордоном смуги при зустрічному русі «х», при попутному - «z».

$$\begin{aligned} y = x &= 0,5 + 0,005V_p \\ z &= 0,25 + 0,005V_p \end{aligned} \quad (1.12)$$

де V_p - розрахункова швидкість, відповідна категорії дороги, якщо вона не перевищує максимальну швидкість автомобіля, якщо перевищує, то береться максимальна швидкість автомобіля, км / год.

Особливо складним є рух автомобіля на підходах до кривих і на самих кривих.

При русі на кривій на автомобіль діють 2 сили: вага автомобіля, спрямована вертикально і відцентрова сила, спрямована горизонтально у зовнішню сторону кривої. Відцентрова сила прагне перекинути автомобіль, викликає деформацію шин в поперечному напрямку, збільшує їх зношування і підвищує витрата палива. Тому безпека, зручність і економічність руху автомобілів по дорогах з високою швидкістю можливі тільки при достатньо великих радіусах кривих. Чим більше розрахункова швидкість руху, тим більше повинен бути радіус криволінійних ділянок доріг та вулиць.

На поворотах невеликого радіусу (менше 750 м) крім того, що виникає відцентрова сила, погіршується керованість автомобілем і видимість дороги, особливо в лісовій місцевості, в населених пунктах і виїмках. Тому, при русі автомобіля по кривій малого радіусу, протягом усього заокруглення влаштовують *віраж*, а проїзній частині і узбіччям надають загальний односхилий поперечний профіль з ухилом в бік, зворотний дії відцентрової сили, - до центру кривої.

Віраж - кругова крива, що має постійний радіус. Віраж збільшує безпеку та покращує зручність руху.

Поступовий плавний перехід від двосхилого поперечного профілю до односхилого роблять на перехідних кривих, які називаються *відгоном віражу*.

Завдання

Визначити технічну категорію проектованої дороги. Встановити розрахункову швидкість руху автомобілів. Визначити основні технічні нормативи автомобільної дороги у відповідності з обраними розрахунковими автомобілями. При розрахунку основних технічних нормативів визначити: найбільший поздовжній ухил, найменшу відстань видимості, число смуг руху, ширину проїзної частини, мінімальні радіуси кривих в плані з пристроєм віражу і без віражу, мінімальні радіуси опуклих і увігнутих вертикальних кривих. Порівняти основні технічні параметри дороги, які отримані розрахунком, з нормативними. Зробити висновки. Вихідні дані наведені в таблицях 1.1-1.3. Результати оформлюються в табл. 1.4.

Методика розрахунку

Технічні нормативи на проектування елементів плану і профілів (поздовжнього і поперечного) призначаються відповідно до розрахункової швидкості, яка приймається для дороги даної категорії в залежності від рельєфу місцевості.

Таблиця 1.1 - Перспективна інтенсивність руху для легкових автомобілів, авт./добу

Марка легкового авто- мобіля	Варіант														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
BA3 2115	330				100										
Mersedes w 210		320							120						
BA3 2121	110		100	100			90							190	
BA3 2101		115		340									130		
BA3 2106						90				140		120		110	250
Toyota corolla AE 86			110						130		150				
Rolls-Royce Ghost					200										
3A3 1103	90	100		120			130								220
BA3 Lada Xrai 1.6											100			240	
BMW M3 (E90)						120		110							
Газ 24 (Волга)													230		
Peugeot 407 1.8								280					200		
Mazda CX 5												220			
BA3 2109 (Лада)			90					120		200					
Volkswagen passat B8							180								
Skoda Octavia a7											310				
OPEL OMEGA B					130				190						
ZAZ FORZA						160				180		190			90

Продовження таблиці 1.1

Марка легкового авто- мобіля	Варіант														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
BA3 2115			270									135			
Mersedes w 210		270	220				240								
BA3 2121											246				
BA3 2101				259				170							
BA3 2106											245				
Toyota corolla AE 86				260			290								
Rolls-Royce Ghost				220			291			165			170		
3A3 1103														265	
BA3 Lada Xrai 1.6	105							275							
BMW M3 (E90)			150					230				290			
Газ 24 (Волга)	230				240	170			220					240	
Peugeot 407 1.8					210				180				285		175
Mazda CX 5	260					215				200					
BA3 2109 (Лада)					260								260		235
Volkswagen passat B8		140									160	215			215
Skoda Octavia a7						235									
OPEL OMEGA B		250								215				115	
ZAZ FORZA									255						

Таблиця 1.3 - Перспективна інтенсивність руху для автопоїздів авт./добу

Марка автопоїзда	Варіант														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
DAF XF 105	40										20				
MAN TGX 12.8MT		30													15
DAF XF 95			25									48			
Ma3 504 і 20 т причепів				35		10									
Volvo FH 12		15													40
Volvo FH 16					45				10						
M3KT 74106							25								
DAF 1700	25							20							
MA3 5440 19-421-03			35												
MAN TGX 18.440										15			36		
Mersedes Benz 2641 (тягач) + Fliegl (причеп)											27				
Mersedes Benz 1842 Jumbo E 6 Retarder incl Tandem						45									
KpA3 6424 C4 + KpA3 A201 C2					10				15						
Peterbilt 387				20										25	
Scania R730							15			50					
Scania R500								40					17		
MA3 543240 21-20												35		45	

Продовження таблиці 1.3

Марка автопоїзда	Варіант														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
DAF XF 105													54		
MAN TGX 12.8MT													55		
DAF XF 95	26											57			
Ма3 504 і 20 т причепів				34											
Volvo FH 12			42												
Volvo FH 16					51										
МЗКТ 74106		31													
DAF 1700						45									
МА3 5440 19-421-03							25								
MAN TGX 18.440				32						39					60
Mersedes Benz 2641 (тягач) + Fliegl (при- чеп)		29							31		37				41
Mersedes Benz 1842 Jumbo E 6 Retarder incl Tandem						46			32			56			
КрА3 6424 C4 + КрА3 А201 C2							26				48				
Peterbilt 387	28														
Scania R730								61						60	
Scania R500										38				61	
МА3 543240 21-20			43		50			63							

Таблиця 1.4 – Таблиця для оформлення вихідних даних.

№ з/п	Тип транспортного засобу	Перспективна інтенсивність руху, авт./добу
1	2	3
Автомобилі легкові		
1		
2		
3		
Автомобилі вантажні		
4		
5		
6		
7		
Автопоїзда		
8		
9		

На ділянках автомобільних доріг на підходах до великих міст, у місцях, де вздовж траси доріг є капітальні високовартісні споруди і лісові масиви, а також якщо ці дороги перетинають території, зайняті особливо цінними сільськогосподарськими культурами, садами і виноградниками, допускається приймати значення розрахункових швидкостей, встановлені для важких ділянок пересіченій місцевості.

Окремі величини технічних нормативів обґрунтовуються розрахунками. Розрахунки виконуються для основної розрахункової швидкості і для важких ділянок пересіченій місцевості і зіставляються з рекомендованими для даної технічної категорії дороги.

1. Встановлення технічної характеристики дороги і вибір розрахункових автомобілів.

Технічна категорія дороги визначається відповідно до інтенсивності та складу руху, зазначених в завданні, за будівельними нормами і правилами. Для встановлення категорії дороги визначається приведена інтенсивність руху за формулою:

$$N_{\text{прив}} = \sum_{i=1}^n N_i K_i, \quad (1.13)$$

де N_i - інтенсивність руху транспортного засобу i -го типу;

K_i – коефіцієнт приведення транспортного засобу i -го типу;

n – кількість типів транспортних засобів в потоці.

Коефіцієнт приведення визначається згідно табл. 1.5. Результати розрахунку оформляються в табл. 1.6.

У відповідності зі значенням певної інтенсивності руху транспортних одиниць на перспективний рік експлуатації дороги визначається технічна категорія автомобільної дороги (табл. 1.7).

Таблиця 1.5 - Коефіцієнти приведення транспортних засобів до легкового автомобіля (табл. А додаток А ДБН В 2.3-4-2015)

№ з/п	Тип транспортного засобу	Коефіцієнт приведення
1	Мотоцикл без коляски та мопед	0,5
2	Мотоцикл з коляскою	0,75
3	Легковий автомобіль	1,0
4	Вантажний автомобіль вантажопідйомністю, т:	
	- до 1	1,0
	- від 1 до 2	1,5
	- від 2 до 6	2,0
	- від 6 до 8	2,5
	- від 8 до 14	3,0
	- понад 14	3,5
5	Автопоїзд вантажопідйомністю, т:	
	- до 12	3,5
	- від 12 до 20	4,0
	- від 20 до 30	5,0
	- понад 30	6,0
6	Колісний трактор з причепами вантажопідйомністю, т:	
	- до 10	3,5
	- понад 10	5,0
7	Автобус	3,0
8	Довгомірний автобус	5,0
Примітка 1. При проміжних значеннях вантажопідйомності транспортних засобів коефіцієнти приведення визначають інтерполяцією.		
Примітка 2. Коефіцієнти приведення для спеціальних автомобілів приймають як для базових автомобілів відповідної вантажопідйомності.		

Залежно від встановленої технічної категорії дороги і рельєфу місцевості приймається розрахункова швидкість руху автомобілів (табл. 1.8).

Для визначення інших технічних нормативів автомобільної дороги, із зазначених в завданні різних типів автомобілів вибираються розрахункові вантажний і легковий. Як розрахунковий приймається автомобіль, що переважає в потоці відповідно вантажних і легкових автомобілів. Якщо питома вага різних типів автомобілів в потоці близька, як розрахунковий приймається: вантажний - з найбільшими габаритами, легковий - з мінімальною швидкістю руху. Для розрахункових автомобілів складається таблиця технічних характеристик за формою таблиці 1.9.

Таблиця 1.6 – Оформлення результатів розрахунку приведеної інтенсивності руху

№ з/п	Тип транспортного засобу	Перспективна інтенсивність руху, N , авт./добу	Коефіцієнт приведення транспортного засобу, K_i	Приведена інтенсивність руху, $N_{\text{прив}}$, авт./добу
1	2	3	4	5
Автомобилі легкові				
1	ВАЗ	200	1	200
2	Волга	180	1	180
Автомобилі вантажні				
3	ГАЗ-53 (7,7 т)	160	2,5	400
1	2	3	4	5
4	ЗІЛ-130 (10,9 т)	100	3,0	300
5	МАЗ-5516 (33 т)	70	3,5	245
6	КамАЗ-55111 (35 т)	80	3,5	280
7	Автобуси	60	3	180
Автопоїзда				
8	МАЗ-504 і 20 т тонних причепів	65	5	325
Всього				2110

Таблиця 1.7 - Технічна класифікація автомобільних доріг (табл. 4.1 ДБН В 2.3-4-2015)

Категорія дороги	Розрахункова перспективна інтенсивність руху, авт./добу	
	у транспортних одиницях	у приведених до легкового автомобіля
I-а	понад 10 000	понад 14 000
I-б	понад 10 000	понад 14 000
II	від 3 000 до 10 000	від 5 000 до 14 000
III	від 1 000 до 3 000	від 2 500 до 5 000
IV	від 150 до 1 000	від 300 до 2 500
V	до 150	до 300
<p>Примітка 1. I-а – автомагістраль.</p> <p>Примітка 2. Категорію дороги можна визначати за розрахунковою інтенсивністю руху у транспортних одиницях, якщо кількість легкових автомобілів становить менше 30 відсотків від загального транспортного потоку.</p>		

Таблиця 1.8 - Розрахункова швидкість руху (табл. 4.2 ДБН В 2.3-4-2015)

№ з/п	Категорія дороги	Розрахункова швидкість		
		основна	допустима на місцевості	
		рівнинна місцевість	горбистій	гірській
1	I-а	130	100	80
2	I-б	110	90	70
3	II	90	70	60
4	III	90	60	50
5	IV	90	50	30
6	V	90	40	30

Таблиця 1.9 – Основні технічні характеристики розрахункових автомобілів

Параметри	Од. вим.	Позначення	Автомобіль	
			легковий (вказати марку)	вантажний (вказати марку)
Довжина автомобіля	м	L		
Ширина автомобіля	м	B		
Висота автомобіля	м	H		
Споряджена маса	кг	m_0		
Вантажопідйомність	т	Q		
Потужність двигуна	кВ	N		
Число обертів двигуна при даній потужності	$\frac{\text{об}}{\text{хв}}$	n		
Колісна формула	-			
Максимальна швидкість автомобіля	$\frac{\text{км}}{\text{год}}$	V_{max}		
Діаметр обода колеса, мм	мм	d_0		
Ширина профілю шини	мм	$B_{ш}$		
Число обертів ведучого колеса	$\frac{\text{об}}{\text{хв}}$	n_{max}		
Передатне число відповідної ступені коробки передач на i -й передачі	-	i_{k_i}		
Радіус ведучого колеса з урахуванням деформації шини	м	r_k^1		

2. Розрахунок основних технічних нормативів дороги

2.1. Визначення найбільшого поздовжнього ухилу дороги

Найбільший поздовжній ухил дороги визначається за умови рівномірного руху розрахункового легкового автомобіля на прямій передачі зі швидкістю, що дорівнює розрахунковій за формулою:

$$I_{max} = D - f, \quad (1.14)$$

де I_{max} – поздовжній ухил дороги, ‰;

D - динамічний фактор автомобіля;

f - коефіцієнт опору кочення, приймається згідно з табл. 1.10.

Таблиця 1.10 - Значення коефіцієнта опору кочення

Дорога	Коефіцієнт опору кочення, f
Суха асфальтобетонна дорога гарного стану	0,08...0,015
Суха асфальтобетонна дорога задовільного стану	0,015...0,030
Обмерзла асфальтобетонна дорога	0,015...0,020
Бетонна дорога, мілка бруківка	0,015
Окатаний гравій	0,020...0,025
Суха окатана ґрунтова дорога	0,025...0,035
Мокра окатана ґрунтова дорога	0,050...0,150
Пісок	0,100...0,300

Динамічний фактор автомобіля, в даному випадку, визначається для умов, коли двигун розвиває потужність, відповідну розрахунковій швидкості. Динамічний фактор визначається за формулою:

$$D = \frac{P_k - P_w}{G}, \quad (1.15)$$

де P_k - сила тяги на колесах автомобіля, Н

P_w – сила опору повітря при розрахунковій швидкості, Н

G – повна вага автомобіля (вага автомобіля з заправкою і повним навантаженням), Н

Сила опору повітря визначається за формулою:

$$P_w = \frac{F K_v V^2}{13}, \quad (1.16)$$

де F - лобова площа автомобіля, м²;

K_v - коефіцієнт опору повітря (коефіцієнт обтічності), $\frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$;

V - швидкість автомобіля, $\frac{\text{км}}{\text{год}}$, яка приймається рівною розрахунковій швидкості.

Лобова площа автомобіля являє собою площу його горизонтальної проекції на площину перпендикулярну його поздовжньої осі. При відсутності точних даних про лобову площу розрахункового автомобіля вона може бути визначена з точністю до 20 % за формулою:

$$F = a \cdot B \cdot H, \text{ м}^2, \quad (1.17)$$

де a - коефіцієнт заповнення площі. Для легкових автомобілів - $a = 0,78 \dots 0,8$; для вантажних автомобілів - $a = 0,75 \dots 0,9$, більше значення a відноситься до більш важких автомобілів;

B – ширина автомобіля, м (див. табл. А1-А3 додатка А);

H – висота автомобіля, м (див. табл. А1-А3 додатка А).

Коефіцієнт опору повітря встановлюється на основі лабораторних і дорожніх випробувань. Для важких вантажних автомобілів $K_B = 0,65 \dots 0,75 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$, для середніх вантажних автомобілів $K_B = 0,55 \dots 0,7 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$, для автобусів $K_B = 0,4 \dots 0,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$ і для легкових автомобілів $K_B = 0,15 \dots 0,3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}$.

Орієнтовно повна вага автомобіля може бути визначена за формулою:

- для легкового автомобіля

$$G = m_0 + n_{\text{пас}}(m_{\text{ч}} + m_{\text{б}}) \quad (1.18)$$

де m_0 – вага спорядженого автомобіля, кг (див. табл. А1-А3 додатка А);

$n_{\text{пас}}$ – кількість пасажирів, включаючи водія;

$m_{\text{ч}} = 70 \dots 75$ кг – орієнтовна вага однієї людини;

$m_{\text{б}} = 10 \dots 15$ кг – орієнтовна вага багажу одного пасажирів

- для вантажного автомобіля

$$G = m_0 + m_{\text{ек}} + m_{\text{вант}} \quad (1.19)$$

$m_{\text{ек}}$ – вага екіпажу, кг ($m_{\text{ек}} = n_{\text{ек}} \cdot m_{\text{ч}}$, де $n_{\text{ек}}$ – кількість членів екіпажу);

$m_{\text{вант}}$ – вантажопідйомність автомобіля, кг.

- для автобуса

$$G = m_0 + m_{\text{ек}} + m_{\text{п}} \quad (1.20)$$

$m_{\text{ек}}$ – вага екіпажу, кг ($m_{\text{ек}} = n_{\text{ек}} \cdot (m_{\text{ч}} + m_{\text{б}})$);

$m_{\text{п}}$ – вага пасажирів без врахування чисельності екіпажа, кг ($m_{\text{п}} = n(m_{\text{ч}} + m_{\text{б}})$), де n – пасажиромісткість без врахування чисельності екіпажу);

Сила тяги на колесах автомобіля визначається за формулою:

$$P_k = \frac{M_k \cdot i_{k_i} \cdot i_0}{r_k^1} \cdot \eta, \quad (1.21)$$

де M_k - крутний момент на валу двигуна, Н · м;

i_{k_i} - передатне число відповідної ступені коробки передач на i -й передачі;

i_0 - передатне число головної передачі;

r_k^1 - радіус ведучого колеса з урахуванням деформації шини, м;

η - коефіцієнт корисної дії трансмісії.

Крутний момент на валу двигуна визначається за формулою:

$$M = 9554 \frac{N}{n}, \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (1.22)$$

де N - потужність двигуна, кВт;

n - число обертів двигуна при даній потужності, $\frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

Потужність двигуна і відповідне їй число обертів вала визначається за зовнішніми характеристиками для розрахункової швидкості.

Передатне число головної передачі i_0 визначається з умови забезпечення максимальної кінематичної швидкості автомобіля за формулою:

$$i_0 = 0,377 \frac{n_{\max} r_k}{i_{\text{вп}} V_{\max}}, \quad (1.23)$$

де n_{\max} - число обертів ведучого колеса, $\frac{\text{об}}{\text{хв}}$;

$i_{\text{вп}}$ - передатне число вищої передачі коробки передач;

V_{\max} - максимальна швидкість автомобіля, $\frac{\text{км}}{\text{год}}$;

r_k - радіус кочення колеса, м

$$r_k = (0,5d_0 + \lambda_{\text{ш}} B_{\text{ш}}) \cdot 10^{-3} \quad (1.24)$$

d_0 - діаметр обода колеса, мм;

$B_{\text{ш}}$ - ширина профілю шини;

$\lambda_{\text{ш}}$ - коефіцієнт деформації (для легкових автомобілів $\lambda_{\text{ш}} = 0,86 \dots 0,88$, для вантажних автомобілів $\lambda_{\text{ш}} = 0,89 \dots 0,91$).

На вантажних автомобілях малої і середньої вантажопідйомності з бензиновим двигуном вища передача, як правило, є прямою ($i_{\text{вп}} = 1$), на вантажних автомобілях з дизельним двигуном $i_{\text{вп}} = 0,7 \dots 0,88$.

На легкових автомобілях з чотириступінчастою коробкою передач вища передача так же, як правило, пряма $i_{\text{вп}} = 1$.

Легкові автомобілі класичної компоновки з п'ятиступінчастою коробкою передач максимальну швидкість розвивають, найчастіше, на четвертій передачі, що має передатне число $i_{\text{вп}} = 1$.

Легкові автомобілі з переднім приводом, що мають п'ятиступінчасту коробку передач, максимальну швидкість розвивають також на четвертій передачі, але передатне число, в силу конструктивних особливостей, $i_{\text{вп}} = 0,95 \dots 0,98$.

Коефіцієнт корисної дії трансмісії η залежить, в основному, від конструкції трансмісії. У розрахунках вантажних автомобілів з колісною формулою 6×6 , 6×4 η приймається рівним 0,80, для вантажних автомобілів з колісною формулою 4×4 і вантажних автомобілів з подвійною головною передачею $\eta = 0,82$, для вантажних автомобілів з колісною формулою 4×2 і одинарною головною передачею $\eta = 0,85$, для легкових автомобілів $\eta = 0,85 - 0,92$.

2.2. Визначення відстані видимості

У теорії проектування автомобільних доріг прийнято такі основні схеми визначення відстані видимості:

- зупинка автомобіля перед перешкодою.

- гальмування двох автомобілів, які рухаються назустріч один одному
- об'їзд автомобілем перешкоди або обгін легковим автомобілем вантажного при наявності зустрічного руху.

1. Схема, яка передбачає зупинку автомобіля перед перешкодою.

Розрахункова відстань видимості дороги визначається за формулою:

$$S_o = \frac{V_p t}{3,6} + \frac{KV_p^2}{254(\varphi \pm i + f_0)} + \frac{V_p}{10} \quad (1.25)$$

де V_p – розрахункова швидкість руху автомобіля, км/год;

t - час реакції водія, с.

Час реакції водія залежить від багатьох факторів: від віку, стажу водіння, настрою, втоми водія, швидкості руху, дорожніх умов.

Час реакції різний при русі в місті і за містом. У міських умовах він становить $0,6 \div 0,8$ с, за містом - $1,5 \div 2$ с. При розрахунках час реакції водія приймають рівним 1 секунді в складних умовах і 2 секунди - в нормальних умовах.

K - коефіцієнт ефективності гальмування, приймається для легкових автомобілів - 1,2, а для вантажних автомобілів, автобусів і автопоїздів - 1,3...2,3. При $V > 100$ км/год рекомендується приймати $K = 2,3$;

φ - коефіцієнт поздовжнього зчеплення (залежить від типу покриття та його стану); приймається в розрахунках для нормальних умов зчеплення - 0,5;

i - ухил ділянки, частки одиниці;

f_0 - коефіцієнт опору коченню, що залежить від типу покриття і його стану.

2. Схема, яка передбачає гальмування двох автомобілів, що рухаються назустріч один одному.

Розрахункова відстань видимості дороги визначається за формулою:

$$S_o = \frac{V_{рл} t}{3,6} + \frac{KV_{рл}^2}{254(\varphi \pm i + f_0)} + \frac{V_{рв} t}{3,6} + \frac{KV_{рв}^2}{254(\varphi \pm i + f_0)} + l_{зб} \quad (1.26)$$

де $l_{л}, l_{в}$ - шлях, пройдений відповідно легковим та вантажним автомобілем з моменту коли водій побачив перешкоду, до моменту початку гальмування, м;

$S_{гл}, S_{гв}$ - гальмівний шлях легкового та вантажного автомобіля, м;

$l_{зб}$ – зазор безпеки (відстань між перешкодою та автомобілем, що зупинився), орієнтовно $l_{зб} = \frac{V_p}{10}$.

де $V_{рл}, V_{рв}$ – розрахункова швидкість руху відповідно легкового та вантажного автомобіля, км/год;

t - час реакції водія, с.

K - коефіцієнт ефективності гальмування;

φ - коефіцієнт поздовжнього зчеплення;

i - ухил ділянки, частки одиниці;

f_0 - коефіцієнт опору коченню, що залежить від типу покриття і його стану.

3. Схема, яка передбачає об'їзд автомобілем перешкоди або обгін легковим автомобілем вантажного при наявності зустрічного руху.

Розрахункова відстань видимості дороги визначається за формулою:

$$S_0 = \left(l_{36} + l_1 + 2l_2 + \frac{KV_1^2}{2g\varphi} \right) \cdot \frac{2V_1}{V_1 - V_2} \quad (1.27)$$

де l_{36} - відстань безпеки, $l_{36} = \frac{V_p}{10}$;

l_1 - відстань, яку проходить автомобіль за час прийняття рішення про обгін,
 $l_1 = V_p t$;

l_2 - довжина автомобіля, який обганяють;

K - коефіцієнт ефективності гальмування;

g - прискорення вільного падіння, м/с²;

φ - коефіцієнт поздовжнього зчеплення;

V_1, V_2 - швидкості автомобілів (відповідно обганяючого та який обганяють)

Для автомобільної магістралі 1-ї технічної категорії відстань видимості визначається зі схеми 1.

Для двосмугових автомобільних доріг без розділу проїзних частин приймають схеми 1, 2 та 3.

Для доріг в густонаселеній місцевості, а також на перетинах з автомобільними дорогами та залізницями в одному рівні забезпечення безпеки руху вимагає достатньої бічної видимості придорожньої смуги. Максимальна необхідна відстань бічної видимості:

$$S_{бок} = \frac{V_{бок}}{V_p} S_p \quad (1.28)$$

де V_p - розрахункова швидкість автомобіля;

$V_{бок}$ - швидкість руху транспортного засобу або пішохода по дорозі, що перетинається; для пішохода – 7-10 км/год, для транспортних засобів – 20-30 км/год;

S_0 - розрахункова відстань видимості з умови зупинки перед перешкодою.

2.3. Визначення числа смуг руху

Число смуг руху визначається за формулою:

$$n = \frac{N_{год}}{P} \quad (1.29)$$

де $N_{год}$ - годинна інтенсивність в обох напрямках, авт./год;

P - пропускна здатність однієї смуги руху, авт./год.

$$N_{год} = \frac{N_0^{прив}}{10} \cdot 1,3, \quad (1.30)$$

де $N_0^{прив}$ - перспективна добова інтенсивність руху, авт./добу.

Вважається, що майже весь потік автомобілів проходить по дорозі за 10 денних годин, при нерівномірності - 1,3.

Теоретично пропускна здатність однієї смуги визначається за формулою:

$$P = \frac{1000V_p}{S_0 + L_0}, \quad (1.31)$$

де S_0 - відстань видимості дороги;

L_0 - довжина розрахункового автомобіля.

Практична пропускна здатність дороги через нерівномірність руху автомобілів складає 0,3-0,5 від її теоретичного значення.

Зазвичай за розрахунком число смуг руху виявляється менше, ніж потрібно за нормами. Для доріг 2, 3 і 4 категорій слід приймати дві смуги руху.

2.4. Визначення ширини проїзної частини (розрахунок по М.С. Замахеву)

Ширина однієї смуги руху визначається за формулою:

- для односмугової дороги:

$$П_1 = K + x + y = K + 1,0 + 0,01V_p, \text{ м} \quad (1.32)$$

де K - ширина колії автомобіля (табл. 1.11);

V_p - розрахункова швидкість, відповідна категорії дороги, якщо вона не перевищує максимальну швидкість автомобіля, якщо перевищує, то береться максимальна швидкість автомобіля, км / год.

Таблиця 1.11 – ширина колії автомобіля

Марка автомобіля	Ширина колії автомобіля		Марка автомобіля	Ширина колії автомобіля	
	передніх колес, мм	задніх колес, мм		передніх колес, мм	задніх колес, мм
ВАЗ 2115	1400	1370	ГАЗ 66	1800	1750
Mersedes w 210	1542	1536	Skoda 706	1927	1927
ВАЗ 2121	1430	1400	ЗІЛ 131	1820	1820
ВАЗ 2101	1349	1305	ЗІЛ 130	1800	1790
ВАЗ 2106	1365	1321	ЗІЛ 4502	1800	1790
Toyota corolla AE 86	1355	1345	УАЗ 3303	1465	1465
Rolls-Royce Ghost	1700	1660	DAF LF 45	1900	1900
ЗАЗ 1103	1314	1306	КрАЗ 5401 с2	1740	1740
ВАЗ Lada Xrai 1.6	1492	1532	ЗІЛ 4331	1930	1850
BMW M3 (E90)	1500	1513	КрАЗ 65032	2070	1838
Газ 24 (Волга)	1476	1420	Volvo FM	1991	1816
Peugeot 407 1.8	1560	1518	Iveco Daily 35s15	1700	1540
Mazda CX 5	1585	1590	Iveco Daily 35s18	1725	1661
ВАЗ 2109 (Лада)	1400	1370	ГАЗ 53-27	1630	1690
Volkswagen passat B8	1584	1568	МАЗ 5551	1970	1865
Skoda Octavia a7	1549	1520	Mersedes-Benz Sprinter 313	1738	1565
OPEL OMEGA B	1515	1530	ГАЗ 2705 2.1 TD	1700	1560
АЗА FORZA	1448	1422	КамАЗ 6520	2021	1790

- для двосмугової дороги з двостороннім рухом:

$$\Pi_2 = \frac{(a+K)}{2} + x + y = \frac{(a+K)}{2} + 1,0 + 0,01V_p, \text{ м} \quad (1.33)$$

де a - ширина кузова розрахункового автомобіля.

Для чотирьохсмугової проїзної частини розрахунок проводиться для одного напрямку при попутному русі з обгоном. Ширина однієї смуги руху в цьому випадку визначається за формулою:

$$\Pi_4 = \frac{(a+K)}{2} + 0,85 + 0,01 \quad (1.34)$$

Загальна ширина проїзної частини одного напрямку (рис. 1.4):

$$\Pi = \Pi_{\text{л}} + \Pi_{\text{в}} \quad (1.35)$$

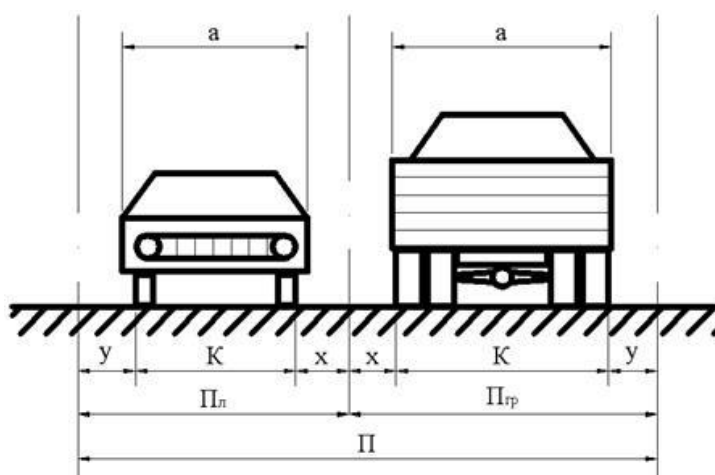


Рисунок 1.4 - Схема до визначення ширини смуги руху

Розрахунки проводяться для вантажних і легкових автомобілів. В якості розрахункової приймається більша з отриманих величин, з округленням до 0,25 м.

Ширина проїзної частини:

$$b = \Pi_n \cdot n \quad (1.36)$$

Π_n – ширина смуги руху;

n - кількість смуг руху.

Ширина проїзної частини для двосмугової дороги з двостороннім рухом (дороги 2, 3, 4 категорій)

$$b = 2\Pi_2.$$

Ширина проїзної частини для чотирьохсмугової дороги з двостороннім рухом

$$b = 4\Pi_2 + d.$$

d – ширина розділової смуги.

2.5. Визначення мінімальних радіусів кривих в плані з пристроєм віражу і без віражу

Мінімальний радіус кривої в плані з пристроєм віражу визначається за формулою:

$$R_{min} = \frac{V_p^2}{127(\mu + i_b)}, \quad (1.37)$$

де μ - коефіцієнт поперечної сили (0,08 – без віражу; 0,15 – з віражем);

i_b – поперечний ухил проїзної частини (ДБН В 2.3.4-2015 п. 5.1.10);

V_p - розрахункова швидкість, км/год.

При визначенні мінімальних радіусів за умовами безпеки руху і зручності пасажирів значення коефіцієнта поперечної сили (μ) не слід приймати більше 0,15. Це відповідає руху по мокрому, але чистому покриттю зі швидкістю 60 км/год, причому, пасажирів не відчують незручностей.

Поперечний кут віражу приймається за додатком.

Мінімальний радіус кривої без віражу ($R_{рек}$) визначається за формулою:

$$R_{рек} = \frac{V_p^2}{127(\mu - i_n)}, \quad (1.38)$$

де i_n - поперечний ухил проїзної частини дороги двускатного профілю (ДБН В 2.3.4-2015 п. 5.1.7).

2.6. Визначення мінімальних радіусів вертикальних кривих

Опуклі вертикальні криві

Мінімальний радіус вертикальних кривих визначається за умовами забезпечення видимості і плавності траси.

$$R_{min} = \frac{S_0^2}{2d}, \quad (1.39)$$

де S_0 - відстань видимості поверхні дороги ($S_0 = \frac{V_p t}{3,6} + \frac{KV_p^2}{254(\varphi \pm i + f_0)} + \frac{V_p}{10}$);

d – підвищення очей водія над проїзною частиною, приймається 1,2 м.

Увігнуті вертикальні криві

Мінімальний радіус увігнутих вертикальних кривих визначається за умовами самопочуття пасажирів і перевантаження ресор

$$R_{min} = \frac{V_a^2}{13 \cdot a_{ц}}, \quad (1.40)$$

де $a_{ц}$ - допустиме відцентрове прискорення, приймається рівним: 0,3 – 0,4 м/с² для доріг I-III категорії та 0,5-0,7 м/с² для доріг IV-V категорії.

Отриманий радіус необхідно перевірити за умовами видимості в нічний час

$$R_{min} = \frac{S_0^2}{2(h_{\phi} + S_0 \sin \alpha)}, \quad (1.41)$$

де h_{ϕ} - висота центру фари над дорогою, приймаємо 1,0 м;

α - кут розсіювання світла фар, приймаємо $\alpha = 2^\circ$.

З двох значень R_{min} приймається в розрахунок більше.

2.7. Порівняння основних технічних параметрів дороги, які отримані розрахунком, з нормативними

Після визначення розрахунком основних параметрів дороги, отримані результати порівнюються з рекомендованими

Порівняння ведеться у формі табл. 1.12.

При порівнянні в якості розрахункового приймається кращий параметр, тобто більший мінімальний радіус, менший мінімальний поздовжній ухил і т. д.

Розбіжність з нормами ДБН пояснюються тим, що останні прийняті для середніх умов. У ці норми можна вводити поправки, якщо вони обґрунтовані техніко-економічними розрахунками.

Таблиця 1.12 - Зведена таблиця основних параметрів проекрованої дороги

№	Найменування показників	Од. ви-миру	Згідно з розрахунком	Згідно з ДБН	Прийняті в якості розрахункових
1	Розрахункова швидкість	км/год	не розрах.		
2	Ширина смуги руху	м			
3	Число смуг руху	шт			
4	Ширина проїзної частини	м			
5	Ширина земляного полотна	м			
6	Ширина узбіч	м	не розрах.		
7	Відстань видимості:				
	- поверхні дороги	м			
	- зустрічного автомобіля	м			
	- при обгоні легковим автомобілем вантажного автомобіля	м			
8	Найбільший поздовжній ухил	‰			
9	Мінімальний радіус кривої в плані				
	- без улаштування віражу	м			
	- з улаштуванням віражу	м			
10	Мінімальні радіуси вертикальних кривих				
	- опуклих	м			
	- увігнутих	м			

Література: [1] С. 1-31.

Контрольні питання

1. На основі чого приймають розрахункову швидкість руху автомобіля?
2. Від яких факторів залежить час реакції водія?

ТЕМА 2: РОЗРАХУНОК ПІДПІРНИХ СТІН

Мета практичного заняття: Оволодіння слухачами навичками розрахунку масивних підпірних стін.

Після вивчення теми слухачі повинні вміти:

- виконувати розрахунок масивних підпірних стін;
- аналізувати результати розрахунку масивних підпірних стін;
- оцінювати правильність розрахунку масивних підпірних стін.

Короткі теоретичні відомості

Підпірна стіна - це споруда, що утримує ґрунт від обвалення на ділянці зі складним рельєфом.

Розрізняють стіни на пальовій основі, шпунтові стіни, кутові (тонкостінні) стіни, масивні стіни.

Підпірні стіни на пальовій основі застосовуються при недостатній міцності ґрунтів під подошвою підпірної стіни.

Шпунтові огорожі являють собою тимчасові огороження котлованів, які складаються із забитих у ґрунт сталевих або дерев'яних шпунтових паль. Огороження з шпунта виготовляються під будь-які види споруд при влаштуванні фундаментів у випадках, коли неможливо провести розробку котлованів в укосах.

У тонкостінних підпірних стінах їх стійкість забезпечується власною вагою стіни і вагою ґрунту, який залучається до роботи конструкцією стіни.

У масивних підпірних стінах їх стійкість на зсув та перекидання при впливі горизонтального тиску ґрунту забезпечується в основному власною вагою стіни. Ці стіни більш матеріаломісткі та більш трудомісткі при зведенні, ніж тонкостінні. Вони можуть застосовуватися при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні (наприклад, при зведенні їх з місцевих матеріалів або відсутності збірний залізобетон).

Габарити підпірних стін визначаються одним параметром - висотою підпору ґрунту. Основні розміри підпірних стін (висота всієї стіни, висота перепаду, ширина подошви, виліт консолі від передньої грані стіни) призначаються кратними 0,3 м. Розміри товщини елементів стіни і подошви призначаються кратними 0,02 м. Рекомендована товщина підпірної стінки повинна бути не менше: для кам'яної і бутобетонної кладки - 0,6 м; для бетонної - 0,4 м; для залізобетону - 0,1 м.

Підпірна стінка з бетону, каменю або цегли при висоті більше 30 см повинна мати фундамент. Він може бути різної товщини і глибини, в залежності від конструкції стінки і ґрунту, на якому вона зводиться. При висоті стінок

Завдання

Масивна бетонна підпірна стіна III класу відповідальності з висотою підпору ґрунту - $h_{\text{підп}}$ наведена на рис. 8.1. Глибина закладення підоснови - d . На призмі обвалення розташовано рівномірно розподілене навантаження інтенсивністю q . Вихідні дані до рис. 2.1 наведені в табл. 2.1-2.2. Ґрунт засипки - піски дрібні, ґрунт основи - суглинки. При розрахунку прийняти $c'_I = c''_I = 0$

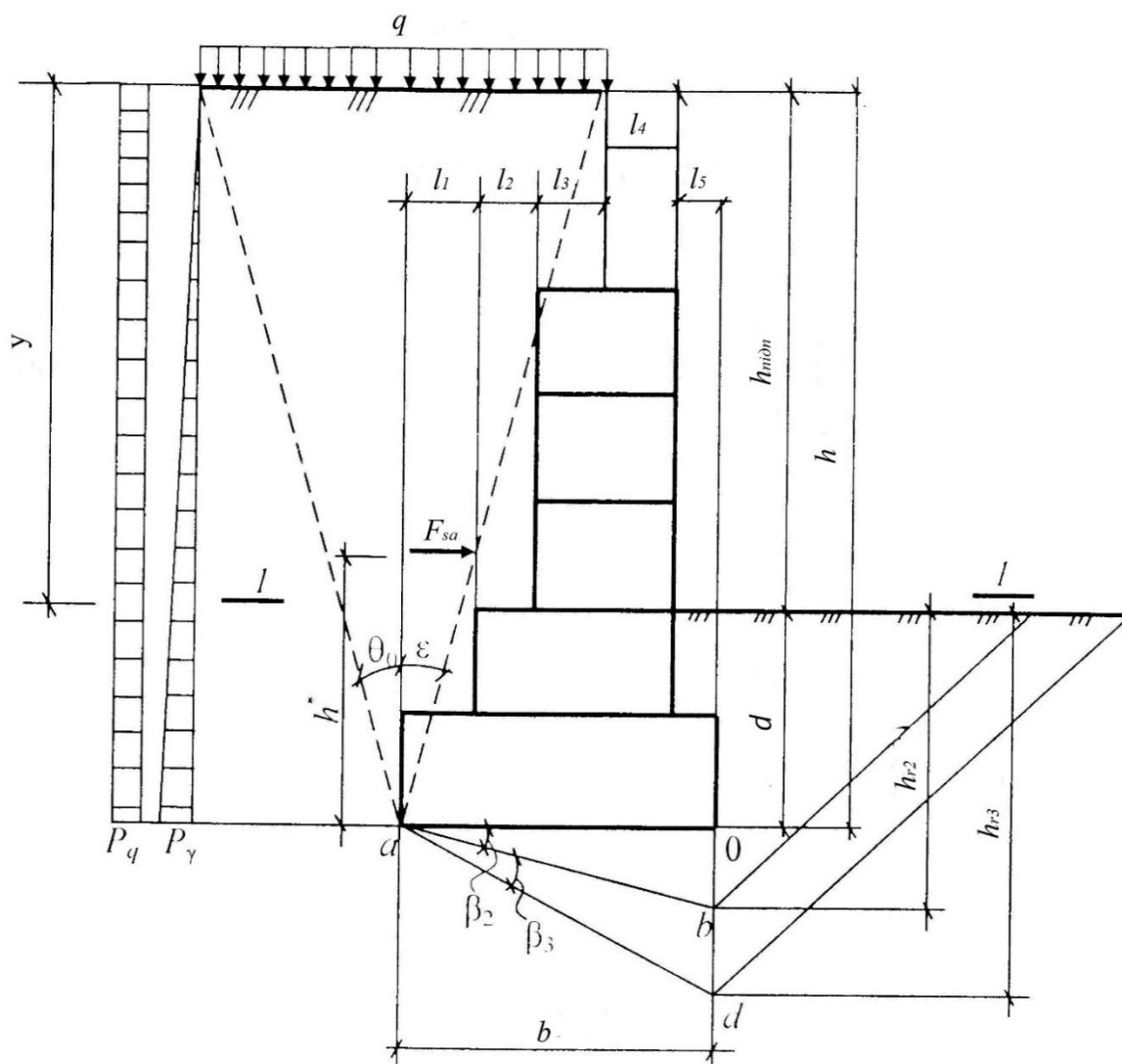


Рисунок 2.1 – Масивна підпірна стіна

Таблиця 2.1 Розміри масивної підпірної стінки згідно варіантів завдань

Варіант	$h_{\text{підп}},$ м	$d,$ м	$b,$ м	$q,$ т/м ²	$l_1,$ м	$l_2,$ м	$l_3,$ м	$l_4,$ м	$l_5,$ м
1	2,0	0,5	1,0	8	0,15	0,15	0,3	0,3	0,1
2	2,5	0,7	1,0	14	0,1	0,1	0,35	0,35	0,1
3	2,0	0,6	1,2	12	0,2	0,2	0,35	0,35	0,1
4	2,8	0,6	1,2	16	0,15	0,15	0,4	0,4	0,1
5	1,5	0,8	1,5	10	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2
6	3,0	1,0	1,5	15	0,1	0,1	0,6	0,6	0,1
7	3,0	0,7	1,8	14	0,15	0,15	0,7	0,7	0,1
8	3,5	0,8	1,8	16	0,25	0,25	0,6	0,6	0,1
9	3,5	1,0	2,0	15	0,3	0,3	0,6	0,6	0,2
10	4,0	1,2	2,0	16	0,2	0,2	0,7	0,7	0,2
11	3,2	1,1	2,2	14	0,3	0,3	0,7	0,7	0,2
12	3,5	1,0	2,2	12	0,25	0,25	0,8	0,8	0,1
13	3,0	1,3	2,5	15	0,35	0,35	0,8	0,8	0,2
14	3,5	1,5	2,5	17	0,4	0,4	0,75	0,75	0,2
15	4,0	1,3	2,6	13	0,4	0,4	0,8	0,8	0,2
16	4,2	1,6	2,6	14	0,35	0,35	0,8	0,8	0,3
17	4,5	1,4	2,8	10	0,4	0,4	0,9	0,9	0,2
18	5,0	1,8	2,8	12	0,45	0,45	0,8	0,8	0,3
19	4,0	1,5	3,0	11	0,3	0,3	1,1	1,1	0,2
20	4,5	1,8	3,0	14	0,4	0,4	1,0	1,0	0,2
21	3,5	1,6	3,2	9	0,2	0,2	1,3	1,3	0,2
22	4,0	1,4	3,2	10	0,3	0,3	1,2	1,2	0,2
23	3,8	1,5	3,3	12	0,3	0,3	1,2	1,2	0,3
24	4,2	1,7	3,3	13	0,3	0,3	1,25	1,25	0,2
25	4,6	1,6	3,4	17	0,3	0,3	1,3	1,3	0,2
26	5,0	1,8	3,4	18	0,3	0,3	1,35	1,35	0,1
27	5,2	2,0	3,5	20	0,3	0,3	1,3	1,3	0,3
28	5,5	1,9	3,5	18	0,3	0,3	1,4	1,4	0,1
29	5,5	2,0	3,6	19	0,3	0,3	1,4	1,4	0,2
30	6,0	2,2	3,6	20	0,4	0,4	1,3	1,3	0,2

Таблиця 2.2 – Завдання для розрахунку підпірної стінки

Варіант	Характеристика ґрунту основи		
	щільність, γ_{II} , кН/м ³	кут внутрішнього тертя, φ_{II} , рад	коефіцієнт зчеп- лення, c_{II} , кПа
1	16,0	17	24
2	16,5	19	25
3	17,0	24	10
4	17,2	22	7
5	17,5	25	12
6	18,0	26	20
7	18,5	18	47
8	18,9	22	8
9	19,0	24	17
10	19,3	16	43

Примітка: Розрахункові характеристики ґрунтів обчислюються виходячи з наступних залежностей:

- для розрахунків конструкцій і основ по першій групі граничних станів:
$$\gamma_I = 1,05\gamma_n; \quad \varphi_I = \varphi_n/\gamma_\varphi; \quad c_I = c_n/1,5$$
де γ_φ – коефіцієнт надійності по ґрунту (ДБН В.2.1-10-2009, додаток В)
$$\gamma_\varphi = 1,1$$
 – для піщаних ґрунтів;
$$\gamma_\varphi = 1,15$$
 – для пилувато-глинистих ґрунтів
- розрахункові значення для другої групи граничних станів:
$$\gamma_{II} = \gamma_n; \quad \varphi_{II} = \varphi_n; \quad c_{II} = c_n$$

Співвідношення між характеристиками ґрунтів засипки та ґрунтів природного складання:

$$\gamma'_I = 0,95\gamma_I \qquad \gamma'_{II} = 0,95\gamma_{II}$$

$$\varphi'_I = 0,9\varphi_I \qquad \varphi'_{II} = 0,9\varphi_{II}$$

Методика розрахунку

Розрахунок ведеться на 1 м довжини стіни.

1. Визначення інтенсивності тиску ґрунту на конструкцію стіни.

1.1. Визначення інтенсивності горизонтального активного тиску ґрунту від власної ваги стіни на глибині $y = h$

Важливо!!! При розрахунку характеристики ґрунтів і коефіцієнти беруться для I групи граничних станів.

Сповзання призми обвалення з боку стіни умовно приймається під кутом ε до вертикалі при куті тертя по контакту сповзання $\delta = \varphi'_1$ (для ступінчастої стіни). Кут ε знаходиться з виразу:

$$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{h}.$$

Інтенсивність горизонтального активного тиску ґрунту від власної ваги на глибині $y = h$ визначається за формулою:

$$p_y = [\gamma_f \gamma'_l h \lambda - c'_l (k_1 + k_2)] \frac{y}{h}, \text{ кПа} \quad (2.1)$$

де γ_f - коефіцієнт надійності за навантаженням (табл. 2.3);
 γ'_l - розрахункове значення питомої ваги ґрунту засипки;
 h - відстань від поверхні засипки до підосви фундаменту стінки;
 λ - коефіцієнт горизонтального тиску ґрунту;
 c'_l - розрахункове значення питомого зчеплення ґрунту засипки на рівні h ;
 k_1 - коефіцієнт, що враховує зчеплення ґрунту по площині ковзання призми обвалення, нахиленою під кутом θ_0 до вертикалі;
 k_2 - те ж, по площині, нахилений під кутом ε до вертикалі

Таблиця 2.3 – Значення коефіцієнта надійності за навантаженням (п. 7.16, ДСТУ-Н Б В.2.1-31; табл. 5.1, ДБН В. 1.2-2-2006)

Конструкції споруд і вид ґрунтів	Коефіцієнт надійності за навантаження, γ_{fm}
металеві, у яких зусилля від власної ваги:	
менше 50%	1,05 (0,95)
дорівнюють або перевищують 50%	1,10 (0,90)
бетонні (з середньою густиною понад 1600 кг / м ³), залізо-бетонні, кам'яні, армокам'яні, дерев'яні	1,10 (0,90)
бетонні (з середньою густиною 1600 кг / м ³ і менше), ізоляційні, вирівнювальні та опоряджувальні шари (плити, матеріали в рулонах, засипки, стяжки і т. п.), що виконуються:	
в заводських умовах	1,20 (0,90)
на будівельному майданчику	1,30 (0,90)
Ґрунти:	
в природному заляганні	1,10 (0,90)
насіпні	1,15 (0,90)
Примітка: Значення в дужках слід використовувати для перевірки стійкості конструкції на перекидання, а також в інших випадках, коли зменшення ваги конструкцій і ґрунтів може погіршити умови роботи конструкції.	

Коефіцієнт горизонтального тиску ґрунту визначається за формулою:

$$\lambda = \left[\cos(\varphi - \varepsilon) / \cos \varepsilon \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \rho)}{\cos(\varepsilon + \rho) \cos(\varepsilon - \rho)}} \right) \right]^2 \quad (2.2)$$

де φ - розрахункове значення кута внутрішнього тертя ґрунту засипки;

ε - кут нахилу розрахункової площини до вертикалі;

δ - кут тертя ґрунту на контактi з розрахунковою площиною (для гладкої стіни $\delta = 0$, шорсткої - $\delta = 0,5\varphi'_I$, ступінчастої - $\delta = \varphi'_I$);

ρ - кут нахилу поверхні засипки до горизонту.

При горизонтальній поверхні засипки $\rho = 0$.

Коефіцієнт горизонтального тиску ґрунту λ також можна визначити по таблицям Б.1-Б.3 додатка Б.

Коефіцієнти k_1 і k_2 визначаються за формулами:

$$k_1 = \frac{2\lambda \cos \theta_0 \cos \varepsilon}{\sin(\theta_0 + \varepsilon)} \quad (2.3)$$

$$k_2 = \lambda \left[\frac{\sin(\theta_0 - \varepsilon) \cos(\theta_0 + \rho)}{\sin \theta_0 \cos(\rho - \varepsilon) \sin(\theta_0 + \varepsilon)} \right] + \tan \varepsilon \quad (2.4)$$

де λ - коефіцієнт горизонтального тиску ґрунту;

θ_0 - кут нахилу площини ковзання до вертикалі;

ε - кут нахилу розрахункової площини до вертикалі;

ρ - кут нахилу поверхні засипки до горизонту;

При відсутності зчеплення ґрунту по стіні $k_2 = 0$.

Кут нахилу площини ковзання до вертикалі θ_0 визначається за формулою:

$$\tan \theta_0 = (\cos \rho - \eta \cos \varphi_i) / (\sin \rho - \eta \sin \varphi_i)$$

де $\eta = \cos(\varepsilon - \rho) / \sqrt{\lambda} \cos \varepsilon$

При горизонтальній поверхні засипки ($\rho = 0$), вертикальній стіні ($\varepsilon = 0$) і відсутності тертя і зчеплення з стіною ($\delta = 0$, $k_2 = 0$) коефіцієнти λ , k_1 і кут θ_0 визначають за формулами:

$$\lambda = \tan^2 \theta_0 \quad k_1 = 2\sqrt{\lambda} \quad \theta_0 = 45^\circ - \varphi_I / 2$$

При $\rho = 0$, $\delta \neq 0$, $\varepsilon \neq 0$ значення кута нахилу θ_0 визначається з виразу:

$$\tan \theta_0 = \frac{(\cos \varphi_I - \sqrt{\lambda})}{\sin \varphi_I}$$

1.2. Визначення інтенсивності горизонтального тиску ґрунту від рівномірно розподіленого навантаження q

Інтенсивність горизонтального тиску ґрунту від рівномірно розподіленого навантаження q визначається за формулою (при суцільному і фіксованому розташуванні навантаження):

$$p_q = \gamma_f q \lambda, \text{ кПа} \quad (2.5)$$

де γ_f - коефіцієнт надійності за навантаженням, $\gamma_f = 1,2$ (п. 6.6, ДБН В. 1.2-2-2006)

2. Визначення стійкості положення стіни проти зсуву

Важливо!!! При розрахунку характеристики ґрунтів і коефіцієнти беруться для I групи граничних станів.

Розрахунок проводиться з умови:

$$F_{sa} \leq \frac{\gamma_c F_{sr}}{\gamma_n} \quad (2.6)$$

де F_{sa} - зсувна сила, яка дорівнює сумі проекцій всіх сил, що зсувають на горизонтальну площину, кН;

F_{sr} – утримуюча сила, вона дорівнює сумі проекцій всіх утримуючих сил, на горизонтальну площину, кН;

γ_c - коефіцієнт умов роботи ґрунту основи (приймається згідно ДБН В 2.1-10-2009, додаток Ж або табл. 2.4);

γ_n - коефіцієнт надійності за призначенням споруди, що дорівнює 1,2, 1,15 і 1,1 відповідно для будівель і споруд I, II і III рівнів відповідальності.

Таблиця 2.4 – Значення коефіцієнтів умов роботи ґрунту основи

Ґрунт	Коефіцієнт умов роботи ґрунту основи, γ_c
Піски, крім пилюватих	1,00
Пилюваті піски, а також глинисті ґрунти у	0,90
Глинисті ґрунти у нестабілізованому стані	0,85
Скельні ґрунти:	
- невивітрилі і слабовивітрилі	1,00
- вивітрилі	0,90
- сильновивітрилі	0,80

Зсувна сила F_{sa} визначається за формулою (при $y_b = h$):

$$F_{sa} = F_{say} + F_{saq}, \text{ кН} \quad (2.7)$$

де F_{say} - зсувна сила від власної ваги ґрунту, кН;

$$F_{say} = \frac{p_\gamma h}{2} \quad (2.8)$$

F_{saq} - зсувна сила від навантаження, розташованого на поверхні призми обвалення, кН;

$$F_{saq} = p_q y_b \quad (2.9)$$

Розрахунок стійкості підпірних стін проти зсуву здійснюється за формулою $F_{sa} \leq \frac{\gamma_c F_{sr}}{\gamma_n}$ для трьох значень кута β (кут нахилу поверхні ковзання до горизонталі):

$$\beta_1 = 0 \text{ - плоске зрушення по підосві стіни;} \\ \beta_2 = \frac{\varphi_I}{2} \text{ і } \beta_3 = \varphi_I \text{ - глибинне зрушення по лініях ковзання.}$$

1 випадок ($\beta_1 = 0$)

Утримуюча сила обчислюється за формулою:

$$F_{sr} = F_V \tan(\varphi_I - \beta) + b c_I + E_p, \text{ кН}, \quad (2.10)$$

де F_V - сума проекцій всіх сил у вертикальній площині;

b - ширина підосви плити (рис. 8.1);

E_r - пасивний опір ґрунту.

Для масивних підпірних стін сума проекцій всіх сил у вертикальній площині визначається за формулою:

$$F_V = F_{sa} \tan(\varepsilon + \delta) + G_{ст} + \gamma_I \tan \beta \frac{b^2}{2}, \text{ кН} \quad (2.11)$$

де $G_{ст}$ - власна вага стіни і ґрунту на її уступах, кН;

b - ширина підосви плити (рис. 2.1).

Вагу стіни обирають з урахуванням ваги ґрунту на її уступах, користуючись п. 5.2 ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи» та табл. 2.5.

Таблиця 2.5 - Вага 1 куба бетону

Марка	Питома вага кубометра бетону, кг
Бетон М100	2494
Бетон М200	2432
Бетон М250	2348
Бетон М300	2389
Бетон М350	2502
Бетон М400	2376
Бетон М500	2298

Пасивний опір ґрунту E_r визначається за формулою:

$$E_p = \frac{\gamma_I h_r^2 \lambda_r}{2} + \frac{c_I h_r (\lambda_r - 1)}{\tan \varphi_I}, \text{ кН} \quad (2.12)$$

де λ_r - коефіцієнт пасивного опору ґрунту,

$$\lambda_r = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi_I}{2} \right);$$

h_r - висота призми випора ґрунту, що визначається за формулою

$$h_r = d + b \tan \beta$$

де d - відстань від поверхні ґрунту з боку передньої грані до підосви фундаменту стіни

При зсуві по підосві стіни ($\beta = 0$) враховуються такі обмеження (п. 8.7 ДСТУ-Н Б В.2.1-31:2014 «Настанова з проектування підпірних стін»):

$$c_I \leq 5 \text{ кПа}; \quad \varphi_I \leq 30^\circ; \quad \lambda_r = 1$$

Таким чином, пасивний опір ґрунту E_p визначається при $h_r = d$, $c_I = 5 \text{ кПа}$, $\varphi_I \leq 30^\circ$, $\lambda_r = 1$.

Після визначення пасивного опору ґрунту E_p розраховується утримуюча сила F_{sr} при $c_I = 5 \text{ кПа}$.

Після цього перевіряється стійкість стіни з умови $F_{sa} \leq \frac{\gamma_c F_{sr}}{\gamma_n}$ і робиться висновок.

2 випадок ($\beta_2 = \frac{\varphi_I}{2}$)

Визначається сума проекцій всіх сил у вертикальній площині F_V за формулою 8.6:

Визначається пасивний опір ґрунту E_p за формулою 2.7 при $h_r = d + b \tan \beta$, м; $\lambda_r = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi_I}{2} \right)$;

Розраховується утримуюча сила F_{sr} за формулою 2.5.

Перевіряється умова стійкості стіни 2.3 і робиться висновок.

3 випадок ($\beta_3 = \varphi_I$)

Визначається сума проекцій всіх сил у вертикальній площині F_V за формулою 8.6:

Визначається пасивний опір ґрунту E_p за формулою 2.7 при $h_r = d + b \tan \beta$, м; $\lambda_r = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi_I}{2} \right)$;

Розраховується утримуюча сила F_{sr} за формулою 8.5.

Перевіряється умова стійкості стіни 8.3 і робиться висновок.

3. Розрахунок міцності ґрунтової основи

Важливо!!! При розрахунку характеристики ґрунтів і коефіцієнти беруться для I групи граничних станів.

Розрахунок міцності основи здійснюється, якщо $\tan \delta_I < \sin \varphi_I$ з умови:

$$F_V \leq \frac{\gamma_c N_u}{\gamma_n} \quad (2.13)$$

де N_u - вертикальна складова сили граничного опору основи;

γ_c - коефіцієнт умов роботи ґрунту основи (ДБН В 2.1-10-2009, додаток Ж або табл. 8.4);

γ_n - коефіцієнт надійності за призначенням споруди.

Тангенс кута нахилу до вертикалі рівнодіючої зовнішнього навантаження на основу визначається за формулою:

$$\tan \delta_I = \frac{F_{sa}}{F_V} \quad (2.14)$$

Якщо $\tan \delta_I > \sin \varphi_I$ робиться висновок, що розрахунок основи по міцності здійснювати не потрібно.

Вертикальна складова сили граничного опору основи N_u , складеного кількома ґрунтами в стабілізованому стані, визначається за формулою:

$$N_u = b' (N_\gamma b' \gamma_I + N_q \gamma'_I d + N_c C_I) \quad (2.15)$$

де N_γ, N_q, N_c - безрозмірні коефіцієнти несучої здатності, що визначаються за ДБН В.2.1-10-2009, табл. Ж.1 або за табл. 2.6 в залежності від розрахункового значення кута внутрішнього тертя ґрунту φ_I і кута нахилу до вертикалі δ_I рівнодіючої зовнішнього навантаження на основу в рівні підосви стіни;

b' - приведена ширина підосви фундаменту стіни, яка розраховується за формулою:

$$b' = b - 2e$$

де b - ширина підосви плити;

e - ексцентриситет прикладання рівнодіючої всіх сил щодо осі, що проходить через центр ваги підосви фундаменту стіни, величину якого визначають за формулою:

$$e = \frac{M_0}{F_V} \leq \frac{b}{3} \quad (2.16)$$

де M_0 - сума моментів всіх вертикальних і горизонтальних сил щодо осі, що проходить через центр ваги підосви.

Величина M_0 для масивних підпірних стін визначається за формулою:

$$M_0 = F_{sa} \left[h^* - \tan(\varepsilon + \delta) \left(\frac{b}{2} - h^* \tan \varepsilon \right) \right] + \sum M_i \quad (2.17)$$

де $\sum M_i$ - сума моментів сил від власної ваги стіни і ґрунту на її обрізах щодо центра ваги підосви фундаменту стіни;

де h^* - відстань від рівнодіючої сили, що зрушує до низу підосви стіни,

$$h^* = \frac{[F_{sa} \gamma \frac{h}{3} + F_{sa} q (h - y_a - \frac{y_b}{2})]}{F_{sa}} \quad (2.18)$$

y_a - відстань від поверхні ґрунту засипки до початку епюри інтенсивності тиску ґрунту від навантаження,

$$y_a = \frac{a}{(\tan \theta_0 + \tan \varepsilon)} \quad (2.19)$$

y_b - протяжність епюри інтенсивності тиску ґрунту по висоті,

$$y_b = h - y_a \quad (2.20)$$

Згідно з рисунком 8.1 даного завдання $y_a = 0$.

Якщо умова $F_V \leq \frac{\gamma_c N_u}{\gamma_n}$ задовольняється, міцність основи забезпечена.

Таблиця 2.6 – Значення коефіцієнтів N_γ , N_q і N_c (табл. Ж.1, ДБН В.2.1-10-2009)

Кут внутрішнього тертя ґрунту φ_I , град	Позначення коефіцієнтів	Коефіцієнти несучої здатності N_γ , N_q і N_c при кутах нахилу до вертикалі рівнодіючої зовнішнього навантаження δ , град									
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
0	N_γ	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	N_q	1,00									
	N_c	5,14									
5	N_γ	0,20	$\left\{ \begin{matrix} 0,05 \\ 1,26 \\ 2,93 \end{matrix} \right\}$	$\delta' = 4,9$	-	-	-	-	-	-	-
	N_q	1,57									
	N_c	6,49									
10	N_γ	0,60	$\left\{ \begin{matrix} 0,12 \\ 1,60 \\ 3,38 \end{matrix} \right\}$	$\delta' = 9,8$	-	-	-	-	-	-	-
	N_q	2,47									
	N_c	8,34									
15	N_γ	1,35	$\left\{ \begin{matrix} 0,21 \\ 2,06 \\ 3,94 \end{matrix} \right\}$	$\delta' = 14,5$	-	-	-	-	-	-	-
	N_q	3,94									
	N_c	10,98									
20	N_γ	2,88	$\left\{ \begin{matrix} 0,36 \\ 2,69 \\ 4,65 \end{matrix} \right\}$	$\delta' = 18,9$	-	-	-	-	-	-	-
	N_q	6,40									
	N_c	14,84									
25	N_γ	5,87	$\left\{ \begin{matrix} 0,58 \\ 3,60 \\ 5,58 \end{matrix} \right\}$	$\delta' = 22,9$	-	-	-	-	-	-	-
	N_q	10,66									
	N_c	20,72									
30	N_γ	12,39	$\left\{ \begin{matrix} 0,95 \\ 4,95 \\ 6,85 \end{matrix} \right\}$	$\delta' = 26,5$	-	-	-	-	-	-	-
	N_q	18,40									
	N_c	30,14									
35	N_γ	27,50	$\left\{ \begin{matrix} 1,06 \\ 7,04 \\ 8,63 \end{matrix} \right\}$	$\delta' = 29,8$	-	-	-	-	-	-	-
	N_q	33,30									
	N_c	46,12									
40	N_γ	66,01	$\left\{ \begin{matrix} 2,79 \\ 10,46 \\ 11,27 \end{matrix} \right\}$	$\delta' = 32,7$	-	-	-	-	-	-	-
	N_q	64,19									
	N_c	75,31									
45	N_γ	177,61	$\left\{ \begin{matrix} 5,22 \\ 16,42 \\ 15,82 \end{matrix} \right\}$	$\delta' = 35,2$	-	-	-	-	-	-	-
	N_q	134,87									
	N_c	133,87									

Примітка 1. При проміжних значеннях φ_I і δ коефіцієнти N_γ , N_q і N_c допускається визначати інтерполяцією.

Примітка 2. У фігурних дужках наведені значення коефіцієнтів несучої здатності, що відповідають граничному значенню кута нахилу навантаження δ' , виходячи з умови формули (Ж.6).

4. Розрахунок основи за деформаціями

Важливо!!! При розрахунку характеристики ґрунтів і коефіцієнти беруться для II групи граничних станів.

При відсутності спеціальних технологічних вимог розрахунок деформації основи вважають задовільним, якщо середній тиск на ґрунт під подошвою фундаменту від нормативного навантаження не перевищує розрахункового опору ґрунту основи R , а крайовий опір - $1,2R$:

$$p_m \leq R \quad (2.21)$$

$$p_{max} \leq 1,2R \quad (2.22)$$

Розрахунковий опір ґрунту основи R визначається за формулою

$$R = \frac{\gamma_{c1}\gamma_{c2}}{k} (M_\gamma k_z b \gamma_{II} + M_q d_I \gamma'_{II} + M_c c_{II}) \quad (2.23)$$

де γ_{c1} і γ_{c2} – коефіцієнти умов роботи згідно таблиці Е.7 додатка Е, ДБН В.2.1-10-2009 “Основи та фундаменти споруд” або табл. 2.7;

k – коефіцієнт, що приймається рівним:

$k=1$, якщо характеристики міцності ґрунту (φ і c) визначенні дослідним шляхом;

$k=1,1$, якщо характеристики міцності ґрунту (φ і c) прийняті за таблицями В.1-В.3 додатка В, ДБН В.2.1-10-2009 «Основи та фундаменти споруд»;

M_γ , M_q , M_c - коефіцієнти, що визначаються за таблицею Е.8 додатка Е, ДБН В.2.1-10-2009 «Основи та фундаменти споруд» або табл. 2.8 і залежать від кута внутрішнього тертя φ ґрунту основи;

k_z – коефіцієнт, що приймається:

при $b < 10$ м – $k_z = 1$;

при $b \geq 10$ м – $k_z = \frac{z_0}{b} + 0,2$ (тут $z_0 = 8$ м);

b – ширина подошви плити, м;

γ_{II} – усереднене розрахункове значення питомої ваги ґрунтів, що залягають нижче подошви плити, кН/м³ (при наявності ґрунтової води визначається з врахуванням зваженої дії води);

γ'_{II} – усереднене розрахункове значення питомої ваги ґрунтів, що залягають вище подошви плити, кН/м³,

c_{II} – розрахункове значення питомого зчеплення ґрунту що залягає безпосередньо під подошвою плити, кПа;

d_I – глибина закладання фундаменту від нижньої планувальної позначки ($d_I = d$).

Таблиця 2.7 – Значення коефіцієнтів γ_{c1} і γ_{c2} (табл. Е.7, ДБН В.2.1-10-2009)

Ґрунти	Коефі- цієнт γ_{c1}	Коефіцієнт γ_{c2} для споруд із жорсткою конс- труктивною схемою при відно- шенні довжини споруди або її від- сіку до висоти L/H	
		4 і більше	1,5 і менше
Великоуламкові з піщаним за- повнювачем і піщані, крім дрі- бних і пилюватих	1,4	1,2	1,4
Піски дрібні	1,3	1,1	1,3
Піски пилюваті:			
- малого і середнього сту- пеня вологості;	1,25	1,0	1,2
- насичені водою	1,1	1,0	1,2
Глинисті, а також великоулам- кові з глинистим заповнювачем з показником текучості грунту або заповнювача $I_L \leq 0,25$	1,25	1,0	1,1
Те саме при $0,25 < I_L \leq 0,5$	1,2	1,0	1,1
Те саме при $I_L > 0,5$	1,1	1,0	1,0
<p>Примітка 1. До споруд із жорсткою конструктивною схемою відносяться споруди, конструкції яких спеціально пристосовані до сприйняття зусиль від деформацій основ, у тому числі за рахунок застосування заходів, зазначених у додатку К.</p> <p>Примітка 2. Для будинків із гнучкою конструктивною схемою значення коефіцієнта γ_{c2} приймають за одиницю.</p> <p>Примітка 3. При проміжних значеннях L/H коефіцієнт γ_{c2} визначають інтерполяцією.</p> <p>Примітка 4. Для пухких пісків γ_{c1} та γ_{c2} приймають за одиницю.</p>			

Крайові тиски на ґрунт під подошвою стіни визначаються за формулою:

- при ексцентриситеті докладання рівнодіючої всіх вертикальних сил відносно центра ваги підосви $e \leq \frac{b}{6}$:

$$p_{max} = F_V \frac{\left(1 + \frac{6e}{b}\right)}{b}; \quad p_{min} = F_V \frac{\left(1 - \frac{6e}{b}\right)}{b} \quad (2.24)$$

- при $e > \frac{b}{6}$:

$$p_{max} = \frac{2F_V}{3c_0} \quad (2.25)$$

Таблиця 2.8 – Значення коефіцієнтів M_γ , M_q , M_c (табл. Е.8, ДБН В.2.1-10-2009)

Кут внутрішнього тертя φ_{11} , град.	Коефіцієнти			Кут внутрішнього тертя φ_{11} , град.	Коефіцієнти		
	M_γ	M_q	M_c		M_γ	M_q	M_c
0	0	1,00	3,14	23	0,66	3,65	6,24
1	0,01	1,06	3,23	24	0,72	3,87	6,45
2	0,03	1,12	3,32	25	0,78	4,11	6,67
3	0,04	1,18	3,41	26	0,84	4,37	6,90
4	0,06	1,25	3,51	27	0,91	4,64	7,14
5	0,08	1,32	3,61	28	0,98	4,93	7,40
6	0,10	1,39	3,71	29	1,06	5,25	7,67
7	0,12	1,47	3,82	30	1,15	5,59	7,95
8	0,14	1,55	3,93	31	1,24	5,95	8,24
9	0,16	1,64	4,05	32	1,34	6,34	8,55
10	0,18	1,73	4,17	33	1,44	6,76	8,88
11	0,21	1,83	4,29	34	1,55	7,22	9,22
12	0,23	1,94	4,42	35	1,68	7,71	9,58
13	0,26	2,05	4,55	36	1,81	8,24	9,97
14	0,29	2,17	4,69	37	1,95	8,81	10,37
15	0,32	2,30	4,84	38	2,11	9,44	10,80
16	0,36	2,43	4,99	39	2,28	10,11	11,25
17	0,39	2,57	5,15	40	2,46	10,85	11,73
18	0,43	2,73	5,31	41	2,66	11,64	12,24
19	0,47	2,89	5,48	42	2,88	12,51	12,79
20	0,51	3,06	5,66	43	3,12	13,46	13,37
21	0,56	3,24	5,84	44	3,38	14,50	13,98
22	0,61	3,44	6,04	45	3,66	15,64	14,64

де c_0 - довжина епюри по підшві фундаменту

$$c_0 = 0,5b - e$$

F_V - сума проєкцій всіх сил у вертикальній площині;

e - ексцентриситет прикладання рівнодіючої всіх сил щодо осі;

b – ширина підшви плити, м.

Ексцентриситет прикладання рівнодіючої всіх сил щодо осі визначається за формулою:

$$e = \frac{M_0}{F_V}, \quad (2.26)$$

де M_0 - сума моментів всіх вертикальних і горизонтальних сил щодо осі, що проходить через центр ваги підшви;

F_V - сума проекцій всіх сил у вертикальній площині, кН.

Для розрахунку крайових тисків на ґрунт під підшовою стіни виконуються наступні дії:

- визначається коефіцієнт горизонтального тиску ґрунту λ (при куті сповзання призми обвалення з боку стіни ε і куті тертя по контакту сповзання $\delta = \varphi'_{11}$) по формулі 2.2 або по таблицям Б.1-Б.3 додатка А;
- визначається інтенсивність горизонтального тиску ґрунту від власної ваги p_γ на глибині $y = h$ за формулою 2.1;
- визначається інтенсивність p_q горизонтального тиску ґрунту від рівномірно розподіленого навантаження q за формулою 2.5;
- визначається зсувна сила від власної ваги ґрунту $F_{sa\gamma}$ за формулою 2.8
- визначається зсувна сила від навантаження, розташованого на поверхні призми обвалення F_{saq} за формулою 2.9;
- визначається зсувна сила F_{sa} за формулою 2.7;
- визначається власна вага стіни і ґрунту на її уступах $G_{ст}$;
- визначається сума проекцій всіх сил у вертикальній площині F_V за формулою 2.11 (при $\beta = 0$);
- визначається відстань h^* від рівнодіючої сили, що зрушує до низу підшови стіни за формулою 2.18 враховуючи формули 2.19 і 2.20;
- визначається $\sum M_i$ - сума моментів сил від власної ваги стіни і ґрунту на її обрізах щодо центра ваги підшови фундаменту стіни;
- визначається M_0 - сума моментів всіх вертикальних і горизонтальних сил щодо осі, що проходить через центр ваги підшови за формулою 2.17;
- визначається ексцентриситет прикладання рівнодіючої всіх сил щодо осі e за формулою 2.26;
- визначаються крайові тиски на ґрунт під підшовою стіни за формулою 2.24 або 2.25.

Перевіряється умова 2.21 і 2.22 і робиться висновок.

5. Визначення зусиль в перерізі стіни I-I

Визначаємо зусилля в перерізі стіни I-I (при $y = h_{\text{підп}}$) за формулами:

$$\begin{aligned} N_i &= \sum P_i \\ Q_i &= \sum F_{vi} , \\ M_i &= \sum P_i x_i + \sum P_{hi} z_i \end{aligned}$$

де $\sum P_i$ - сума всіх вертикальних сил вища за переріз $i - i$;

$\sum F_{vi}$ - сума всіх горизонтальних сил вища за переріз $i - i$;

$\sum P_i x_i$ - сума моментів всіх вертикальних сил відносно центра ваги перерізу $i - i$;

$\sum F_{hi} z_i$ - сума моментів всіх горизонтальних сил відносно центра ваги перерізу $i - i$.

Навантаження враховуються з коефіцієнтом надійності за навантаженням γ_f згідно ДБН В. 1.2-2-2006. Для власної ваги стінки $\gamma_f = 1,1$, для власної ваги ґрунту засипки $\gamma_f = 1,15$, для рівномірно розподіленого навантаження $\gamma_f = 1,2$.

Сума всіх вертикальних сил вище перетину I-I включає вагу стінки вище перетину I-I, вагу ґрунту на обрізах стінки і вертикальну складову рівномірно розподіленого навантаження.

Сума горизонтальних сил вище перетину I-I приймається по епюрах P_γ та P_q на глибині $y = h_{\text{підп}}$.

Сума моментів обчислюється окремо для всіх вертикальних і горизонтальних сил, зазначених вище.

Література: [2] С. 1 - 60.

Контрольні питання

1. Які основні навантаження постійно діють на підпірну стінку?
2. Які періодичні сили діють на підпірну стінку?

ТЕМА 3: РОЗРАХУНОК ДОВЖИНИ ЗЛІТНО-ПОСАДКОВОЇ СМУГИ В МІСЦЕВИХ УМОВАХ АЕРОДРОМУ

Мета практичного заняття: Оволодіння слухачами навичками щодо розрахунку довжини злітно-посадкових смуг в місцевих умовах аеродрому.

Після вивчення теми слухачі повинні вміти:

- виконувати розрахунок довжини злітно-посадкових смуг в місцевих умовах аеродрому;
- аналізувати результати виконаних розрахунків довжини злітно-посадкових смуг в місцевих умовах аеродрому;
- оцінювати правильність розрахунків довжини злітно-посадкових смуг.

Короткі теоретичні відомості

Аеродроми - це об'єкти підвищеної складності і відповідальності будівництва. Вони мають досить високу собівартість. Тому при проектуванні аеродрому і його елементів важливо не стільки побудувати льотну смугу якомога довше, скільки обчислити оптимальну її довжину. Визначення оптимальної довжини і оптимального розташування льотної смуги дозволяє мінімізувати сумарні витрати на будівництво і експлуатацію аеродрому та повітряних суден.

На довжину злітної і посадкової дистанцій літака, а отже, і на потрібну для них довжину ЗПС впливають різні фактори: льотно-технічні характеристики ПС, які експлуатуються на даному аеродромі; тип покриття ЗПС; стан атмосфери в районі аеродрому; стан поверхні ЗПС.

Перераховані параметри знаходяться в залежності від місцевих умов, тому при визначенні розмірів елементів ЗС для заданих типів літаків необхідно конкретизувати дані про атмосферні умови і параметри поверхні ЗПС, з урахуванням певних умов, які називаються стаціонарними.

Стаціонарні умови прийняті за еталон при розрахунку розмірів елементів ЗС. Характеристики стандартної атмосфери:

- температура $T_0 = 288,15 \text{ К}$, або $t_0 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$;
- тиск $p_0 = 1,0132 \cdot 10^5 \text{ Па}$, або $p_0 = 760 \text{ мм.рт.ст.}$;
- щільність $\rho_0 = 1,225 \text{ кг/м}^3$

Температура і тиск стандартної атмосфери до рівня 11000 м:

- температура на висоті H над рівнем моря:

$$t_H = 15 - 0,0065 \cdot H, \text{ }^\circ\text{C}; \quad (3.1)$$

- тиск на висоті H над рівнем моря:

$$p_H = p_0 \left(1 - \frac{H}{44300}\right)^{5,256}, \quad (3.2)$$

де p_0 - тиск на висоті $H = 0$.

До висоти 1000 м над рівнем моря тиск СА визначається за наближеною формулою

$$p_H = 760 - 0,0865 \cdot H \quad (3.3)$$

Завдання

Визначити потрібну довжину злітно-посадкової смуги (ЗПС) для двох повітряних суден, які експлуатуються в аеропорту. Вихідні дані наведені в таблицях 3.1-3.2.

Методика розрахунку

1. Визначення довжини злітно посадкової смуги для зльоту повітряних суден в місцевих умовах.

Потрібна довжина ЗПС під час зльоту в розрахункових умовах визначається за формулою:

$$L_{\text{зпс(зл)}}^{\text{м.у}} = L_{\text{зпс(зл)}}^0 \cdot K_p \cdot K_t \cdot K_i \quad (3.4)$$

де $L_{\text{зпс(зл)}}^{\text{м.у}}$ - довжина ЗПС в місцевих умовах, м;

$L_{\text{зпс(зл)}}^0$ - довжина ЗПС в стандартних умовах, м;

K_p - коефіцієнт, що враховує відхилення розрахункового тиску повітря від стандартного;

K_t - коефіцієнт, що враховує відхилення розрахункової температури від стандартної;

Таблиця 3.1 - Вихідні дані, які стосуються аеродрому

Варіант	Середній уклон ЗПС	Температура повітря в 13 год дня самого жаркого місяця 13 ⁰ С	Висота розташування аеродрому над рівнем моря
1	0,006	23	125
2	0,009	29	75
3	0,007	34	50
4	0,004	29	200
5	0,005	30	75
6	0,002	25	200
7	0,012	24	75
8	0,008	33	125
9	0,004	24	200
10	0,003	34	100
11	0,012	31	125
12	0,01	24	75
13	0,000	30	250
14	0,01	24	75
15	0,007	28	100
16	0,006	34	100
17	0,003	31	75
18	0,009	23	250
19	0,006	28	175
20	0,003	34	100
21	0,005	24	125
22	0,000	22	75
23	0,002	30	200
24	0,007	25	175
25	0,000	31	100
26	0,006	24	75
27	0,002	33	200
28	0,000	31	125
29	0,012	30	50
30	0,005	26	150

Таблиця 3.2 - Вихідні дані о повітряних суднах

Варіант	Тип ПС	Потрібна довжина ЗПС для зльоту	Потрібна довжина ЗПС для посадки
1	A320	2000	1800
2	Боїнг 767-300	2320	2200
3	A321	2000	1950
4	Ту-204	1550	1350
5	A330-200	2350	2100
6	Ту-134БЗ	2850	2900
7	Як-40	1250	800
8	Ту-144	2930	2570
9	Ил-62М	3000	2850
10	Ту-134Б	2850	2600
11	Боїнг 777-300	2860	2550
12	A319	1750	1700
13	Ту-134А	2400	2250
14	Боїнг 747-300	3190	2950
15	Ил-96-300	2700	2350
16	Ту-154	2300	2150
17	Ил-96М	3350	3050
18	Ил-62	3250	3000
19	Ту-154М	2500	2200
20	ATR 42/72	1200	1050
21	Як-42	2200	2050
22	Як-42Д	1800	1650
23	Боїнг 767-300	2320	2200
24	Ту-214	2050	1950
25	АН-24РВ	650	590
26	Боїнг 747-100В	3050	2950
27	Ту-204-100	1750	1450
28	Ту-444	1830	1750
29	АН-140	1495	1400
30	Ту-334	1900	1700

K_i - коефіцієнт, що враховує вплив середнього ухилу ЗПС на її потрібну довжину.

$L_{зпс(зл)}^0$ приймається за даними, отриманими в результаті льотних випробувань конкретного типу літака.

Коефіцієнт K_p знаходиться за формулою:

$$K_p = 1 + \delta_p \frac{H}{300} \quad (3.5)$$

де δ_p - поправка на кожен метр перевищення аеродрому над рівнем моря. Визначається з умови, що на кожні 300 м перевищення аеродрому над рівнем моря довжина ЗПС збільшується на 7%. $\delta_p = 0,07$

Коефіцієнт K_t знаходиться за формулою:

$$K_t = 1 + \delta_t (t_{\text{розр}} - t_H) \quad (3.6)$$

де $\delta_t = 0,01$ - поправка на кожен градус відхилення розрахункової температури від стандартної;

$t_{\text{розр}}$ - розрахункова температура повітря;

t_H - температура, яка відповідає стандартної атмосфері при розташуванні аеродрому на висоті H над рівнем моря.

Для визначення розрахункового значення температури прийнята наступна залежність:

$$t_{\text{розр}} = 1,07t_{13} - 3 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (3.7)$$

де t_{13} - середньомісячна температура в 13 годин для самого жаркого місяця в році за багаторічний період.

t_H визначається за формулою:

$$t_H = 15 - 0,0065 \cdot H \quad (3.8)$$

Величина коефіцієнта, що враховує поздовжній ухил місцевості, визначається з урахуванням групи, до якої відноситься літак.

$$K_i = 1 + \delta_i i_{\text{ср}} \quad (3.9)$$

де δ_i - поправка на кожну тисячну частку ухилу ЗПС, визначається за групами літаків (табл. 3.3);

$i_{\text{ср}}$ - середній ухил ЗПС.

Для вирішення завдань, пов'язаних з проектуванням аеродромів та аеропортів, використовується класифікація літаків по групах (ВС I-ї групи (75 т й більше): Іл-62, Іл-76, Іл-86, Іл-96, Ту-154, А320, Ту-204, А330-200, Боїнг 777-300, Боїнг 767-300, Боїнг 747-300; ВС II-ї групи (від 30 до 75 т): Як-42, Ту-134, Ан-12, Ту-444, Ту-214, А321, Боїнг 777-300; ВС III-ї групи (від 10 до 30 т): Як-40, Ан-24, Ан-24 РВ, Ан-26, Ан-72, Ан-140, Іл-114, Ту-334; ВС IV-ї групи (до 10 т): Ан-2, Ан-3Т, Ан-28, Ан-38, Л-410, М-101Т; поза класів (без обмеження маси): Ан-124, Ан-225, А380, Боїнг 747-100В).

Таблиця 3.3 - Поправка на кожну тисячну частку ухилу ЗПС

Група літаків	Поправка, δ_i
1	9
2	8
3	8
4	5

2. Визначення довжини злітно посадкової смуги для посадки повітряних суден в місцевих умовах.

Потрібна довжина ЗПС під час посадки в розрахункових умовах визначається за формулою:

$$L_{\text{зпс(пос)}}^{\text{м.у}} = L_{\text{зпс(пос)}}^0 \cdot K_{p.t} \cdot K_i \quad (3.10)$$

де $L_{\text{зпс(пос)}}^{\text{м.у}}$ - довжина ЗПС в місцевих умовах, м;

$L_{\text{зпс(пос)}}^0$ - довжина ЗПС в стандартних умовах, м.

$$K_{p.t} = \frac{1}{\Delta} \quad (3.11)$$

де Δ - відносна щільність повітря.

$$\Delta = 0,379 \cdot \frac{p_H}{273+t_H} \quad (3.12)$$

Розрахунковий атмосферний тиск визначається за формулою:

$$p_H = p_0 \left(1 - \frac{H}{44300}\right)^{5,256} \approx p_0 - \frac{H}{11} \quad (3.13)$$

H - висота над рівнем моря, м;

t_H - температура на висоті H , ° C;

p_0 - стандартний атмосферний тиск на рівні моря, $p_0 = 760$ мм.рт.ст .

$$K_i = 1 + \delta_i i_{\text{ср}} \quad (3.14)$$

де δ_i - поправка на кожну тисячну частку ухилу ЗПС; для всіх груп повітряних суден $\delta_i = 3$.

Довжина ЗПС визначається як:

$$L_{\text{ЗПС}} = \max \begin{cases} L_{\text{ЗПС}}^{\text{зл}} \\ L_{\text{ЗПС}}^{\text{пос}} \end{cases} \quad (3.15)$$

Література: [3] С. 3-1 – 3-8.

Контрольні питання

1. Яке значення температури приймають за еталон при розрахунку розмірів елементів злітної смуги (в К та 0С)?

2. Яке значення тиску приймають за еталон при розрахунку розмірів елементів злітної смуги (в Па та мм.рт.ст)?

3. Яке значення щільності приймають за еталон при розрахунку розмірів елементів злітної смуги?

ДОДАТОК А

ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМОБІЛІВ

Таблиця А.1 - Характеристики легкових автомобілів

Марка ав- томобіля	Характеристики												
	L, м	B, м	H, м	m ₀ , кг	N, кВ	n, об/хв	Колісна формула	V _{max} , км/год	d ₀ , мм	B _ш , мм	n _{max} , об/хв	i _{k_i}	r _k ¹ , м
BA3 2115	4,33	1,97	1,4	1075	80	4300	4x2	165	614	205	1723	5	0,2
Mersedes w 210	4,74	1,8	1,44	1715	164,75	5600	4x2	238	643	215	1964	5	0,28
BA3 2121	3,74	1,68	1,64	1150	59	5400	4x4	150	443	115	3000	4	0,28
BA3 2101	4,071	1,611	1,44	955	47	5600	4x2	140	330	155	582	3,75	0,2
BA3 2106	4,09	1,611	1,44	1030	55	5400	4x2	150	330	165	2420	3,8	0,2
Toyota corolla AE 86	4,28	1,62	1,33	1089	96	6600	4x2	184	330	175	2958	3,166	0,16
Rolls-Royce Ghost	5,399	1,948	1,55	2435	420	5350	4x4	250	483	255	1500	4,17	0,46
3A3 1103	3,98	1,564	1,425	790	42,66	5400	4x2	147	330	155	1513	3,45	0,25
BA3 Lada Xrai 1.6	4,165	1,764	1,57	1190	78	5800	4x2	172	381	195	1550	4,5	0,46

Продовження таблиці А.1

Марка ав- томобіля	Характеристики												
	L , м	B , м	H , м	m_0 , кг	N , кВ	n , об/хв	Колісна формула	V_{max} , км/год	d_0 , мм	$B_{ш}$, мм	n_{max} , об/хв	i_{k_i}	r_k^1 , м
BMW M3 (E90)	4,580	1,800	1,450	1680	308,9	8300	4x2	250	457	265	3900	6	0,28
Газ 24 (Во- лга)	4,735	1,800	1,490	1400	70	4500	4x2	145	355,6	185	2200	3,5	0,29
Peugeot 407 1.8	4,691	1,811	1,452	1400	92	6000	4x2	200	406,4	205	3750	6	0,29
Mazda CX 5	4,550	1,840	1,675	1365	110	6000	4x2	189	431,8	225	4000	2,02	0,68
BA3 2109 (Лада)	4,006	1,650	1,402	915	47	5600	4x2	148	330	165	3400	4,13	0,29
Volkswagen passat B8	4,767	1,832	1,456	1475	92	6000	4x4	208	431,8	215	4000	6	0,55
Skoda Octavia a7	4,660	1,814	1,480	1225	110	5700	4x2	230	152	165	2700	5	0,28
OPEL OMEGA B	4,920	1,780	1,500	1460	100	4000	4x2	180	381	195	3500	5	0,28
ZAZ FORZA	4,269	1,686	1,492	1275	80	4500	4x2	160	381	185	3200	3,17	0,28

Таблиця А.2 - Характеристики вантажних автомобілів

Марка ав- томобіля	Характеристики													
	L, м	B, м	H, м	m ₀ , кг	Q, т	N, кВ	n, об/хв	Кол. ф-ла	V _{max} , км/год	d ₀ , мм	B _ш , мм	n _{max} , об/хв	i _{k_i}	r _k ¹ , м
ГАЗ 66	5,655	2,3	2,5	3440	2	120	3200	4x2	90	457	305	290	4	0,46
Skoda 706	10,81	2,35	2,575	8570	10	190,35	1800	4x2	53,5	508	305	309	5	0,48
ЗІЛ 131	7,04	2,97	2,5	6790	5	110	1800	6x6	80	720	340	2000	4	0,49
ЗІЛ 130	6,68	2,5	2,4	4175	3	150	3600	4x2	90	720	462	2000	7,44	0,49
ЗІЛ 4502	5,5	2,4	2,5	4750	5,5	100	3200	4x2	120	508	258	1434	6,32	0,503
УАЗ 3303	4,501	1,94	2,1	1650	1,23	103,3	4000	4x4	100	381	225	1389	4,62	0,188
DAF LF 45	7,200	3,80	3,70	4850	2,65	110	2500	4x2	100	445	245	1410	3,7	0,505
КрАЗ 5401 с ₂	6,33	2,5	2,96	8700	10	228	2300	4x2	95	508	300	543	11,02	0,42
ЗІЛ 4331	7,61	2,66	2,50	5300	7	138	2800	4x2	95	508	260	1400	5,1	0,503
КрАЗ 65032	8,35	2,95	3,05	13200	15	243	2100	6x6	75	508	320	1200	8	0,32

Продовження таблиці А.2

Марка ав- томобіля	Характеристики													
	L, м	B, м	H, м	m ₀ , кг	Q, т	N, кВ	n, об/хв	Кол. ф-ла	V _{max} , км/год	d ₀ , мм	B _ш , мм	n _{max} , об/хв	i _{k_i}	r _k ¹ , м
Volvo FM	8,46	2,495	3,228	6800	25	294	1500	6x4	135	457	315	1500	1,26	0,75
Iveco Daily 35s15	5,477	1,996	2,645	2070	1,43	107,4	1500	4x2	146	381	225	1700	3,9	0,49
Iveco Daily 35s18	7,012	1,996	2,860	2650	0,85	130	3500	4x2	179	406	235	1500	5	0,54
ГАЗ 53-27	6,395	2,28	2,19	3830	4	74	3200	4x2	80	508	209,6	2000	7,44	0,5
МАЗ 5551	5,990	2,500	2,925	7580	8,5	132	1400	4x2	83	508	320	667	7,79	0,51
Mersedes- Benz Sprinter 313	7,35	1,993	2,82	2065	3	95	3800	4x2	145	406,4	235	1500	5	0,6
ГАЗ 2705 2.1 TD	5,470	2,075	2,20	2000	1,35	77,96	3800	4x2	140	406,4	175	1500	5	0,32
КамАЗ 6520	7,800	2,500	3,01	12950	20	235	2200	6x4	90	508	320	1250	6,33	0,51

Таблиця А.3 - Характеристики автопоїздів

Марка авто-мобіля	Характеристики												
	L, м	B, м	H, м	Q, т	N, кВт	n, об	Кол. ф-ла	V _{max} , км/год	d ₀ , мм	B _ш , мм	n _{max} , об/хв	i _{k_i}	r _k ¹ , м
DAF XF 105	8,620	2,49	3,70	30	375	1500	6x2	85	571,5	315	419	13,8	0,48
MAN TGX 12.8MT	8, 200	2,50	3,47	12	294,2	2000	6x4	100	558,8	315	529	16	0,54
DAF XF 95	7,600	2,24	3,50	12,5	353	1600	6x2	100	571,5	295	1200	16	0,54
Ма3 504 і 20 т причепів	5,555	2,60	2,62	20	180	2100	4x2	75	508	320	2050	5,26	0,5
Volvo FH 12	5,887	2,495	3,906	40	309	1600	4x2	90	558,8	315	851	3,08	0,548
Volvo FH 16	5,99	2,495	3,601	60	397	1900	4x2	90	571,5	315	900	14	0,54
МЗКТ 74106	10,18	3,00	4,25	32	597	2100	8x8	60	635	493	486	4	0,310
DAF 1700	9,55	2,55	3,56	11,5	116,2	2500	4x2	85	495,3	285	1700	9,12	0,5
MA3 5440 19-421-03	6,00 14,37*	2,50	4,00	10	320	1200	4x2	90	571,5	315	1800	3,45	0,505

Продовження таблиці А.3

Марка автомо- біля	Характеристики												
	L, м	B, м	H, м	Q, т	N, кВт	n, об/хв	Колісна формула	V _{max} , км	d ₀ , мм	B _ш , мм	n _{max} , об/хв	i _{k_i}	r _k ¹ , м
MAN TGX 18.440	5,805	2,500	3,470	18	323,6	2100	4x2	90	571,5	315	1723	2,85	0,32
Mersedes Benz 2641 (тягач) + Fliegl (прицеп)	9,650 1,12*	2,560	3,640	21,5+19	308	1800	6x4	120	457	315	1600	1,16	0,73
Mersedes Benz 1842 Jumbo E 6 Retarder incl Tandem	9,000	2,480	3,200	15	310	2200	4x4	175	440	295	1400	6	0,6
КрАЗ 6424 C4 + КрАЗ	15,680	2,000	3,260	26	176	2100	6x4	80	508	300	1300	8,21	0,54
Peterbilt 387	7,000	2,600	4,200	35	404,5	2100	4x6	120	571,5	315	1200	3,36	0,505
Scania R730	6,213	3,000	3,100	30	536,9 1	1500	6x4	200	571,5	385	1700	3,9	0,60
Scania R500	6,120	2,430	4,000	28	368	1900	4x2	88	571,5	315	1200	2,92	0,54
MA3 543240 21-20	5,980	2,500	3,160	30	220	2000	4x2	100	508	280	1500	5,49	0,54

ДОДАТОК Б

ТАБЛИЦІ ЗНАЧЕНЬ КОЕФІЦІЄНТІВ λ

Таблиця Б.1 - Значення коефіцієнтів λ при $\delta = 0$

φ	p	Значення коефіцієнта λ при куті ε , рівному						
		0^0	5^0	10^0	15^0	20^0	25^0	30^0
15	0^0	0,59	0,62	0,64	0,67	0,69	0,71	0,74
	10^0	0,70	0,74	0,77	0,81	0,84	0,88	0,91
	15^0	0,93	0,98	1,02	1,07	1,12	1,18	1,24
16	0^0	0,57	0,60	0,62	0,65	0,67	0,70	0,72
	10^0	0,67	0,71	0,74	0,78	0,81	0,85	0,89
	15^0	0,81	0,85	0,89	0,94	0,98	1,03	1,08
17	0^0	0,55	0,58	0,60	0,63	0,66	0,68	0,71
	10^0	0,65	0,68	0,72	0,75	0,79	0,83	0,87
	15^0	0,75	0,80	0,84	0,88	0,93	0,97	1,03
18	0^0	0,53	0,56	0,59	0,61	0,64	0,66	0,69
	10^0	0,62	0,66	0,69	0,73	0,77	0,80	0,84
	15^0	0,71	0,75	0,79	0,84	0,88	0,93	0,98
19	0^0	0,51	0,54	0,57	0,60	0,63	0,65	0,68
	10^0	0,59	0,63	0,67	0,71	0,74	0,78	0,82
	15^0	0,67	0,71	0,76	0,80	0,85	0,90	0,95
20	0^0	0,49	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,66
	10^0	0,57	0,61	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80
	15^0	0,64	0,68	0,72	0,77	0,82	0,86	0,92
	20^0	0,88	0,94	1,00	1,06	1,13	1,21	1,29
21	0^0	0,47	0,50	0,53	0,56	0,59	0,62	0,65
	10^0	0,56	0,58	0,62	0,66	0,70	0,74	0,78
	15^0	0,61	0,65	0,70	0,74	0,79	0,83	0,89
	20^0	0,75	0,80	0,85	0,91	0,97	1,03	1,10
22	0^0	0,46	0,49	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64
	10^0	0,52	0,56	0,60	0,64	0,68	0,72	0,76
	15^0	0,58	0,62	0,67	0,71	0,76	0,81	0,86
	20^0	0,69	0,74	0,79	0,85	0,91	0,97	1,03
23	0^0	0,44	0,47	0,50	0,53	0,56	0,59	0,62
	10^0	0,50	0,54	0,58	0,62	0,66	0,70	0,74
	15^0	0,55	0,60	0,64	0,69	0,73	0,78	0,83
	20^0	0,64	0,69	0,75	0,80	0,86	0,92	0,98
24	0^0	0,42	0,45	0,49	0,51	0,55	0,58	0,61
	10^0	0,48	0,52	0,56	0,50	0,64	0,68	0,73
	15^0	0,53	0,57	0,62	0,66	0,71	0,76	0,81
	20^0	0,61	0,66	0,71	0,76	0,82	0,88	0,94

Продовження таблиці Б.1

φ	p	Значення коефіцієнта λ при куті ε , рівному						
		0^0	5^0	10^0	15^0	20^0	25^0	30^0
25	0^0	0,41	0,44	0,47	0,50	0,53	0,57	0,60
	10^0	0,46	0,50	0,54	0,58	0,62	0,66	0,71
	15^0	0,51	0,55	0,59	0,64	0,69	0,73	0,79
	20^0	0,57	0,62	0,67	0,73	0,78	0,84	0,91
	25^0	0,82	0,89	0,96	1,04	1,12	1,22	1,32
26	0^0	0,39	0,42	0,46	0,49	0,52	0,55	0,59
	10^0	0,44	0,48	0,52	0,56	0,60	0,65	0,69
	15^0	0,48	0,53	0,57	0,62	0,66	0,71	0,77
	20^0	0,54	0,59	0,64	0,70	0,75	0,81	0,87
	25^0	0,68	0,74	0,80	0,87	0,94	1,02	1,11
27	0^0	0,38	0,41	0,44	0,47	0,51	0,54	0,57
	10^0	0,43	0,46	0,50	0,55	0,59	0,63	0,67
	15^0	0,46	0,50	0,55	0,60	0,64	0,69	0,75
	20^0	0,51	0,56	0,61	0,67	0,72	0,78	0,84
	25^0	0,62	0,68	0,74	0,80	0,87	0,95	1,03
28	0^0	0,36	0,39	0,43	0,46	0,49	0,53	0,56
	10^0	0,31	0,45	0,49	0,53	0,57	0,61	0,66
	15^0	0,44	0,48	0,53	0,57	0,62	0,67	0,72
	20^0	0,49	0,54	0,59	0,64	0,70	0,75	0,82
	25^0	0,58	0,63	0,69	0,76	0,82	0,89	0,98
29	0^0	0,35	0,38	0,41	0,45	0,48	0,51	0,55
	10^0	0,39	0,43	0,47	0,51	0,55	0,60	0,64
	15^0	0,42	0,46	0,51	0,55	0,60	0,65	0,71
	20^0	0,46	0,51	0,56	0,62	0,67	0,73	0,79
	25^0	0,54	0,59	0,65	0,71	0,78	0,85	0,93
30	0^0	0,33	0,37	0,40	0,43	0,47	0,50	0,54
	10^0	0,37	0,41	0,45	0,50	0,54	0,58	0,63
	15^0	0,40	0,44	0,49	0,54	0,58	0,64	0,69
	20^0	0,44	0,49	0,54	0,59	0,65	0,71	0,77
	25^0	0,50	0,56	0,62	0,68	0,74	0,82	0,89
	30^0	0,72	0,79	0,87	0,96	1,06	1,16	1,28
31	0^0	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,49	0,53
	10^0	0,36	0,40	0,44	0,48	0,52	0,57	0,61
	15^0	0,38	0,43	0,47	0,52	0,57	0,62	0,67
	20^0	0,42	0,47	0,52	0,57	0,62	0,68	0,74
	25^0	0,48	0,53	0,59	0,65	0,71	0,78	0,86
	30^0	0,61	0,67	0,74	0,82	0,90	1,00	1,10

Продовження таблиці Б.1

φ	p	Значення коефіцієнта λ при куті ε , рівному						
		0^0	5^0	10^0	15^0	20^0	25^0	30^0
32	0^0	0,31	0,34	0,37	0,41	0,44	0,48	0,51
	10^0	0,34	0,38	0,42	0,46	0,51	0,55	0,60
	15^0	0,37	0,41	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65
	20^0	0,40	0,46	0,49	0,55	0,60	0,66	0,72
	25^0	0,45	0,50	0,56	0,62	0,68	0,75	0,82
	30^0	0,55	0,61	0,68	0,75	0,83	0,92	1,01
33	0^0	0,30	0,33	0,36	0,40	0,43	0,47	0,50
	10^0	0,33	0,37	0,41	0,45	0,49	0,54	0,58
	15^0	0,35	0,39	0,44	0,48	0,53	0,58	0,63
	20^0	0,38	0,43	0,47	0,53	0,58	0,64	0,70
	25^0	0,42	0,47	0,53	0,59	0,65	0,72	0,79
	30^0	0,50	0,56	0,63	0,70	0,78	0,86	0,95
34	0^0	0,28	0,32	0,35	0,38	0,42	0,45	0,49
	10^0	0,31	0,35	0,39	0,43	0,48	0,52	0,56
	15^0	0,33	0,38	0,42	0,46	0,51	0,56	0,62
	20^0	0,36	0,41	0,46	0,51	0,56	0,62	0,68
	25^0	0,40	0,45	0,51	0,56	0,63	0,69	0,76
	30^0	0,47	0,53	0,59	0,66	0,73	0,81	0,90
35	0^0	0,27	0,30	0,34	0,37	0,41	0,44	0,48
	10^0	0,30	0,37	0,38	0,42	0,46	0, 51	0,56
	15^0	0,32	0,36	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60
	20^0	0,34	0,39	0,44	0,49	0,54	0,60	0,66
	25^0	0,38	0,43	0, 48	0,54	0,60	0,67	0,74
	30^0	0,44	0,49	0,56	0,62	0,70	0,78	0,86
	35^0	0,64	0,72	0,81	0,91	1,01	1,13	1,27
36	0^0	0,26	0,29	0,33	0,36	0,40	0,43	0,47
	10^0	0,29	0,32	0,36	0,41	0,45	0,49	0,54
	15^0	0,30	0,34	0,39	0,43	0,48	0,53	0,59
	20^0	0,33	0,37	0,42	0,47	0,52	0,58	0,64
	25^0	0,36	0,41	0,46	0,52	0,58	0,64	0,71
	30^0	0,41	0,46	0,53	0,59	0,66	0,74	0,82
	35^0	0,53	0,60	0,67	0,76	0,85	0,95	1,07
37	0^0	0,25	0,28	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46
	10^0	0,27	0,31	0, 35	0,39	0,44	0,48	0,53
	15^0	0,29	0,33	0,37	0,42	0,47	0,52	0,57
	20^0	0,31	0,35	0,40	0,45	0,50	0,56	0,62
	25^0	0,34	0,39	0,44	0,50	0,56	0,62	0,68
	30^0	0,38	0,44	0,50	0,56	0,63	0,71	0,79
	35^0	0,47	0,54	0,61	0,69	0,78	0,88	0,98

Продовження таблиці Б.1

φ	p	Значення коефіцієнта λ при куті ε , рівному						
		0^0	5^0	10^0	15^0	20^0	25^0	30^0
38	0^0	0,24	0,27	0,30	0,34	0,37	0,41	0,45
	10^0	0,26	0,30	0,34	0,38	0,42	0,47	0,52
	15^0	0,28	0,32	0,36	0,40	0,45	0,50	0,56
	20^0	0,30	0,34	0,39	0,43	0,49	0,55	0,61
	25^0	0,32	0,37	0,42	0,48	0,54	0,60	0,67
	30^0	0,36	0,41	0,47	0,53	0,60	0,68	0,76
	35^0	0,43	0,50	0,57	0,64	0,72	0,82	0,92
39	0^0	0,23	0,26	0,29	0,33	0,36	0,40	0,44
	10^0	0,25	0,29	0,33	0,37	0,41	0,45	0,50
	15^0	0,26	0,30	0,35	0,39	0,44	0,49	0,54
	20^0	0,28	0,32	0,37	0,42	0,47	0,53	0,59
	25^0	0,30	0,35	0,40	0,46	0,52	0,58	0,65
	30^0	0,34	0,39	0,45	0,51	0,58	0,65	0,73
	35^0	0,40	0,46	0,53	0,60	0,68	0,77	0,87
40	0^0	0,22	0,25	0,28	0,32	0,35	0,39	0,43
	10^0	0,24	0,27	0,31	0,35	0,40	0,44	0,49
	15^0	0,25	0,29	0,33	0,38	0,42	0,47	0,52
	20^0	0,27	0,31	0,35	0,40	0,45	0,51	0,57
	25^0	0,29	0,33	0,38	0,44	0,50	0,56	0,62
	30^0	0,32	0,37	0,43	0,49	0,55	0,62	0,70
	35^0	0,37	0,43	0,49	0,57	0,64	0,73	0,82
	40^0	0,59	0,68	0,77	0,88	1,00	1,14	1,29

Таблиця Б.2 - Значення коефіцієнтів λ при $\delta = \frac{\varphi}{2}$

φ	p	Значення коефіцієнта λ при куті ε , рівному						
		0^0	5^0	10^0	15^0	20^0	25^0	30^0
15	0^0	0,54	0,56	0,58	0,60	0,62	0,64	0,65
	10^0	0,66	0,70	0,73	0,76	0,79	0,82	0,85
	15^0	0,93	0,98	1,02	1,07	1,12	1,18	1,24
16	0^0	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,62	0,64
	10^0	0,63	0,66	0,70	0,73	0,76	0,79	0,82
	15^0	0,78	0,82	0,86	0,91	0,95	0,99	1,04
17	0^0	0,50	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60	0,62
	10^0	0,60	0,63	0,67	0,70	0,73	0,76	0,79
	15^0	0,72	0,76	0,80	0,84	0,88	0,93	0,97
18	0^0	0,48	0,50	0,53	0,55	0,57	0,59	0,60
	10^0	0,57	0,61	0,64	0,67	0,70	0,73	0,76
	15^0	0,67	0,71	0,75	0,79	0,83	0,88	0,92
19	0^0	0,46	0,48	0,51	0,53	0,55	0,57	0,59
	10^0	0,55	0,58	0,61	0,64	0,68	0,71	0,74
	15^0	0,63	0,67	0,71	0,75	0,79	0,83	0,88
20	0^0	0,44	0,47	0,49	0,51	0,53	0,55	0,57
	10^0	0,52	0,56	0,59	0,62	0,65	0,68	0,71
	15^0	0,60	0,64	0,68	0,71	0,76	0,80	0,84
	20^0	0,88	0,94	1,00	1,06	1,13	1,21	1,29
21	0^0	0,42	0,45	0,47	0,50	0,52	0,54	0,55
	10^0	0,50	0,53	0,57	0,60	0,63	0,66	0,69
	15^0	0,57	0,61	0,64	0,68	0,72	0,76	0,80
	20^0	0,72	0,77	0,82	0,88	0,93	0,99	1,05
22	0^0	0,41	0,43	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54
	10^0	0,48	0,51	0,54	0,57	0,61	0,64	0,67
	15^0	0,54	0,58	0,61	0,65	0,69	0,73	0,77
	20^0	0,68	0,70	0,75	0,80	0,86	0,91	0,97
23	0^0	0,39	0,42	0,44	0,46	0,49	0,51	0,52
	10^0	0,46	0,49	0,52	0,55	0,59	0,62	0,65
	15^0	0,51	0,55	0,59	0,62	0,66	0,70	0, 74
	20^0	0,61	0,66	0,70	0,75	0,80	0,86	0,91
24	0^0	0,37	0,40	0,42	0,45	0,47	0,49	0,51
	10^0	0,44	0,47	0,50	0,53	0,56	0,60	0,63
	15^0	0,49	0,52	0,56	0,60	0,64	0,68	0,72
	20^0	0,57	0,61	0,66	0,71	0,76	0,81	0,86

Продовження таблиці Б.2

φ	p	Значення коефіцієнта λ при куті ε , рівному						
		0^0	5^0	10^0	15^0	20^0	25^0	30^0
25	0^0	0,36	0,39	0,41	0,43	0,46	0,48	0,50
	10^0	0,42	0,45	0,48	0,51	0,54	0,58	0,61
	15^0	0,46	0,50	0,54	0,57	0,61	0,65	0,69
	20^0	0,53	0,58	0,62	0,67	0,72	0,77	0,82
	25^0	0,82	0,89	0,96	1,04	1,12	1,22	1,32
26	0^0	0,34	0,37	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48
	10^0	0,40	0,43	0,46	0,50	0,53	0,56	0,59
	15^0	0,44	0,48	0,51	0,55	0,59	0,63	0,67
	20^0	0,50	0,55	0,59	0,64	0,68	0,73	0,78
	25^0	0,65	0,71	0,77	0,83	0,90	0,97	1,05
27	0^0	0,33	0,36	0,38	0,41	0,43	0,45	0,47
	10^0	0,38	0,41	0,45	0,48	0,51	0,54	0,57
	15^0	0,42	0,45	0,49	0,53	0,57	0,60	0,64
	20^0	0,47	0,52	0,56	0,61	0,65	0,70	0,75
	25^0	0,59	0,64	0,70	0,76	0,82	0,89	0,96
28	0^0	0,32	0,34	0,37	0,39	0,42	0,44	0,46
	10^0	0,36	0,40	0,43	0,46	0,49	0,52	0,55
	15^0	0,40	0,43	0,47	0,51	0,55	0,58	0,62
	20^0	0,45	0,49	0,53	0,58	0,62	0,67	0,72
	25^0	0,54	0,60	0,65	0,71	0,76	0,83	0, 89
29	0^0	0,30	0,33	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44
	10^0	0,35	0,38	0,41	0,44	0,47	0,51	0,53
	15^0	0,38	0,41	0,45	0,49	0,52	0,56	0,60
	20^0	0,42	0,47	0,51	0,55	0,60	0,64	0,69
	25^0	0,50	0,55	0,61	0,66	0,72	0,78	0,84
30	0^0	0,29	0,32	0,34	0,37	0,39	0,41	0,43
	10^0	0,33	0,36	0,40	0,43	0,46	0,49	0,52
	15^0	0,36	0,40	0,43	0,47	0,51	0,54	0,58
	20^0	0,40	0,44	0,48	0,53	0, 57	0,62	0,66
	25^0	0,47	0,52	0,57	0,62	0,68	0,73	0,79
	30^0	0,75	0,83	0,91	1,00	1,10	1,21	1,33
31	0^0	0,28	0,31	0,33	0,36	0,38	0,40	0,42
	10^0	0,32	0,35	0,38	0,41	0,44	0,47	0,50
	15^0	0,34	0,38	0,42	0,45	0,49	0,52	0,56
	20^0	0,38	0,42	0,46	0,50	0,55	0,59	0,64
	25^0	0,44	0,49	0,54	0,59	0,64	0, 70	0,75
	30^0	0,58	0,65	0,72	0,78	0,86	0,94	1,04

Продовження таблиці Б.2

φ	p	Значення коефіцієнта λ при куті ε , рівному						
		0^0	5^0	10^0	15^0	20^0	25^0	30^0
32	0^0	0,27	0,29	0,32	0,34	0,37	0,39	0,41
	10^0	0,30	0,33	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49
	15^0	0,33	0,36	0,40	0,43	0,47	0,51	0,54
	20^0	0,36	0,40	0,44	0,48	0,53	0,57	0,61
	25^0	0,41	0,46	0,51	0,56	0,61	0,66	0,72
	30^0	0,52	0,58	0,64	0,71	0,78	0,85	0,94
33	0^0	0,26	0,28	0,31	0,33	0,36	0,38	0,40
	10^0	0,29	0,32	0,35	0,38	0,41	0,44	0,47
	15^0	0,31	0,35	0,38	0,42	0,45	0,49	0,52
	20^0	0,34	0,38	0,42	0,46	0,50	0,55	0,59
	25^0	0,39	0,43	0,48	0,53	0,58	0,63	0,69
	30^0	0,47	0,53	0,59	0,65	0,72	0,79	0,86
34	0^0	0,24	0,27	0,30	0,32	0,34	0,37	0,38
	10^0	0,28	0,31	0,34	0,37	0,40	0,43	0,46
	15^0	0,30	0,33	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51
	20^0	0,32	0,36	0,40	0,44	0,48	0,53	0,57
	25^0	0,36	0,41	0,45	0,50	0,55	0,60	0,66
	30^0	0,44	0,49	0,55	0,61	0,67	0,74	0,81
35	0^0	0,23	0,26	0,29	0,31	0,33	0,35	0,37
	10^0	0,26	0,29	0,32	0,36	0,39	0,41	0,44
	15^0	0,28	0,32	0,35	0,39	0,42	0,45	0,49
	20^0	0,31	0,35	0,38	0,42	0,46	0,50	0,55
	25^0	0,34	0,39	0,43	0,48	0,53	0,58	0,63
	30^0	0,40	0,46	0,51	0,57	0,63	0,69	0,76
	35^0	0,67	0,76	0,85	0,95	1,06	1,18	1,32
36	0^0	0,22	0,25	0,28	0,30	0,32	0,34	0,36
	10^0	0,25	0,28	0,31	0,34	0,37	0,40	0,43
	15^0	0,27	0,30	0,34	0,37	0,41	0,44	0,47
	20^0	0,29	0,33	0,37	0,41	0,45	0,49	0,53
	25^0	0,32	0,37	0,41	0,46	0,50	0,55	0,60
	30^0	0,38	0,43	0,48	0,53	0,59	0,65	0,72
	35^0	0,51	0,58	0,65	0,73	0,81	0,90	1,00
37	0^0	0,21	0,24	0,27	0,29	0,31	0,33	0,35
	10^0	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36	0,39	0,42
	15^0	0,26	0,29	0,32	0,36	0,42	0,43	0,46
	20^0	0,28	0,31	0,35	0,39	0,43	0,48	0,51
	25^0	0,30	0,35	0,39	0,43	0,48	0,53	0,58
	30^0	0,35	0,40	0,45	0,50	0,56	0,62	0,68
	35^0	0,45	0,51	0,58	0,65	0,73	0,81	0,90

Продовження таблиці Б.2

φ	p	Значення коефіцієнта λ при куті ε , рівному						
		0^0	5^0	10^0	15^0	20^0	25^0	30^0
38	0^0	0,21	0,23	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34
	10^0	0,23	0,26	0,29	0,32	0,35	0,38	0,40
	15^0	0,24	0,28	0,31	0,34	0,37	0,41	0,44
	20^0	0,26	0,30	0,34	0,37	0,41	0,45	0,49
	25^0	0,29	0,33	0,37	0,41	0,46	0,51	0,55
	30^0	0,33	0,37	0,42	0,48	0,53	0,59	0,65
	35^0	0,40	0,46	0,53	0,59	0,66	0,74	0,82
39	0^0	0,20	0,22	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33
	10^0	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,36	0,39
	15^0	0,23	0,26	0,30	0,33	0,36	0,40	0,43
	20^0	0,25	0,28	0,32	0,36	0,40	0,43	0,47
	25^0	0,27	0,31	0,35	0,40	0,44	0,48	0,53
	30^0	0,31	0,35	0,40	0,45	0,50	0,56	0,62
	35^0	0,37	0,43	0,49	0,55	0,62	0,69	0,77
40	0^0	0,19	0,21	0,24	0,26	0,28	0,30	0,32
	10^0	0,21	0,24	0,26	0,29	0,32	0,35	0,38
	15^0	0,22	0,25	0,28	0,32	0,35	0,38	0,41
	20^0	0,24	0,27	0,31	0,34	0,38	0,42	0,46
	25^0	0,26	0,30	0,34	0,38	0,42	0,47	0, 51
	30^0	0,29	0,33	0,38	0,43	0,48	0,53	0,59
	35^0	0,34	0,39	0,45	0,51	0,57	0,64	0,72
	40^0	0,59	0,68	0,77	0,88	1,00	1,14	1,29

Таблиця Б.3 - Значення коефіцієнтів λ при $\delta = \varphi$

φ	p	Значення коефіцієнта λ при куті ε , рівному							
		0^0	5^0	10^0	15^0	20^0	25^0	30^0	
15	0^0	0,50	0,52	0,54	0,55	0,57	0,58	0,58	0,59
	10^0	0,63	0,66	0,69	0,71	0,74	0,76	0,79	0,81
	15^0	0,93	0,98	1,02	1,07	1,12	1,18	1,24	1,32
16	0^0	0,48	0,50	0,52	0,53	0,54	0,56	0,56	0,57
	10^0	0,60	0,62	0,65	0,68	0,71	0,73	0,75	0,77
	15^0	0,76	0,80	0,84	0,88	0,92	0,96	1,01	1,05
17	0^0	0,46	0,48	0,50	0,51	0,52	0,54	0,54	0,55
	10^0	0,57	0,60	0,62	0,65	0,67	0,70	0,72	0,74
	15^0	0,70	0,73	0,77	0,81	0,84	0,88	0,92	0,96
18	0^0	0,44	0,46	0,48	0,49	0,51	0,52	0,52	0,53
	10^0	0,54	0,57	0,59	0,62	0,64	0,67	0,69	0,71
	15^0	0,65	0,68	0,72	0,75	0,79	0,82	0,86	0,90
19	0^0	0,42	0,44	0,46	0,47	0,49	0,50	0,51	0,51
	10^0	0,51	0,54	0,57	0,59	0,62	0,64	0,66	0,68
	15^0	0,60	0,64	0,67	0,71	0,74	0,78	0,81	0,84
20	0^0	0,40	0,42	0,44	0,46	0,47	0,48	0,49	0,49
	10^0	0,49	0,51	0,54	0,57	0,59	0,61	0,63	0,65
	15^0	0,57	0,60	0,63	0,67	0,70	0,73	0,77	0,80
	20^0	0,88	0,94	1,00	1,06	1,13	1,21	1,29	1,39
21	0^0	0,38	0,40	0,42	0,44	0,45	0,46	0,47	0,47
	10^0	0,46	0,49	0,52	0,54	0,57	0,59	0,61	0,62
	15^0	0,53	0,57	0,60	0,63	0,67	0,70	0,72	0,75
	20^0	0,70	0,75	0,80	0,84	0,90	0,95	1,01	1,07
22	0^0	0,37	0,39	0,41	0,42	0,44	0,45	0,45	0,46
	10^0	0,44	0,47	0,49	0,52	0,54	0,56	0,58	0,60
	15^0	0,50	0,54	0,57	0,60	0,63	0,66	0,69	0,72
	20^0	0,63	0,68	0,72	0,77	0,81	0,86	0,91	0,96
23	0^0	0,35	0,37	0,39	0,41	0,42	0,43	0,44	0,44
	10^0	0,42	0,45	0,47	0,50	0,52	0,54	0,56	0,57
	15^0	0,48	0,51	0,54	0,57	0,60	0,63	0,66	0,68
	20^0	0,58	0,62	0,67	0,71	0,75	0,79	0,84	0,88
24	0^0	0,34	0,36	0,38	0,39	0,40	0,41	0,42	0,42
	10^0	0,40	0,43	0,45	0,48	0,50	0,52	0,54	0,55
	15^0	0,45	0,48	0,51	0,54	0,57	0,60	0,63	0,65
	20^0	0,54	0,58	0,62	0,66	0,70	0,74	0,78	0,82

Продовження таблиці Б.3

φ	p	Значення коефіцієнта λ при куті ε , рівному							35^0
		0^0	5^0	10^0	15^0	20^0	25^0	30^0	
25	0^0	0,32	0,34	0,36	0,38	0,39	0,40	0,41	0,41
	10^0	0,38	0,41	0,43	0,46	0,48	0,50	0,51	0,52
	15^0	0,42	0,46	0,49	0,52	0,55	0,57	0,60	0,62
	20^0	0,50	0,54	0,58	0,62	0,66	0,70	0,73	0,77
	25^0	0,82	0,89	0,96	1,04	1,12	1,22	1,32	1,45
26	0^0	0,31	0,33	0,35	0,36	0,38	0,38	0,39	0,39
	10^0	0,36	0,39	0,41	0,44	0,46	0,48	0,49	0,50
	15^0	0,40	0,43	0,46	0,49	0,52	0,55	0,57	0,57
	20^0	0,47	0,51	0,55	0,58	0,62	0,66	0,69	0,72
	25^0	0,63	0,69	0,74	0,80	0,85	0,92	0,99	1,06
27	0^0	0,29	0,31	0,33	0,35	0,36	0,37	0,38	0,37
	10^0	0,34	0,37	0,40	0,42	0,44	0,46	0,47	0,48
	15^0	0,38	0,41	0,44	0,47	0,50	0,52	0,54	0,56
	20^0	0,44	0,48	0,51	0,55	0,59	0,62	0,65	0,68
	25^0	0,56	0,61	0,66	0,72	0,77	0,83	0,88	0,94
28	0^0	0,28	0,30	0,32	0,33	0,35	0,36	0,36	0,36
	10^0	0,33	0,35	0,38	0,40	0,42	0,44	0,45	0,46
	15^0	0,36	0,39	0,42	0,45	0,47	0,50	0,52	0,53
	20^0	0,41	0,45	0,49	0,52	0,55	0,59	0,62	0,64
	25^0	0,51	0,56	0,61	0,66	0,71	0,75	0,80	0,85
29	0^0	0,27	0,29	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35	0,34
	10^0	0,31	0,34	0,36	0,38	0,40	0,42	0,43	0,44
	15^0	0,34	0,37	0,40	0,43	0,45	0,48	0,48	0,51
	20^0	0,39	0,42	0,46	0,49	0,53	0,56	0,58	0,61
	25^0	0,47	0,52	0,56	0,61	0,65	0,70	0,74	0,78
30	0^0	0,26	0,28	0,29	0,31	0,32	0,33	0,33	0,33
	10^0	0,30	0,32	0,35	0,37	0,49	0,40	0,41	0,42
	15^0	0,33	0,35	0,38	0,41	0,43	0,46	0,47	0,48
	20^0	0,37	0,40	0,44	0,47	0,50	0,53	0,55	0,57
	25^0	0,44	0,48	0,52	0,57	0,61	0,65	0,69	0,73
	30^0	0,75	0,83	0,91	1,00	1,10	1,21	1,33	1,48
31	0^0	0,25	0,27	0,28	0,30	0,31	0,32	0,32	0,32
	10^0	0,28	0,31	0,33	0,35	0,37	0,39	0,40	0,40
	15^0	0,31	0,34	0,37	0,39	0,41	0,43	0,45	0,46
	20^0	0,35	0,38	0,41	0,44	0,47	0,50	0,52	0,54
	25^0	0,41	0,45	0,49	0,53	0,57	0,61	0,65	0,68
	30^0	0,56	0,62	0,68	0,75	0,83	0,88	0,97	1,04

Продовження таблиці Б.3

φ	p	Значення коефіцієнта λ при куті ε , рівному							
		0^0	5^0	10^0	15^0	20^0	25^0	30^0	
32	0^0	0,23	0,25	0,27	0,29	0,30	0,31	0,31	0,30
	10^0	0,27	0,29	0,32	0,34	0,36	0,37	0,38	0,38
	15^0	0,29	0,32	0,35	0,37	0,40	0,42	0,43	0,44
	20^0	0,33	0,36	0,39	0,42	0,45	0,48	0,50	0,51
	25^0	0,38	0,42	0,46	0,50	0,54	0,57	0,61	0,63
	30^0	0,49	0,55	0,60	0,66	0,72	0,78	0,84	0,90
33	0^0	0,22	0,24	0,26	0,27	0,29	0,29	0,29	0,29
	10^0	0,26	0,28	0,30	0,32	0,34	0,35	0,36	0,36
	15^0	0,28	0,31	0,33	0,36	0,38	0,40	0,41	0,41
	20^0	0,31	0,34	0,37	0,40	0,43	0,45	0,47	0,48
	25^0	0,35	0,39	0,43	0,47	0,50	0,54	0,57	0,59
	30^0	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,71	0,76	0,80
34	0^0	0,21	0,23	0,25	0,26	0,28	0,28	0,28	0,27
	10^0	0,24	0,27	0,29	0,31	0,33	0,34	0,35	0,34
	15^0	0,26	0,29	0,32	0,34	0,36	0,38	0,39	0,39
	20^0	0,29	0,32	0,35	0,38	0,41	0,43	0,45	0,46
	25^0	0,33	0,37	0,41	0,44	0,48	0,51	0,53	0,55
	30^0	0,41	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,69	0,73
35	0^0	0,20	0,22	0,24	0,25	0,26	0,27	0,27	0,26
	10^0	0,23	0,26	0,28	0,30	0,31	0,33	0,33	0,33
	15^0	0,25	0,28	0,30	0,32	0,35	0,36	0,37	0,37
	20^0	0,28	0,31	0,33	0,36	0,39	0,41	0,43	0,43
	25^0	0,31	0,35	0,38	0,42	0,45	0,48	0,50	0,52
	30^0	0,37	0,42	0,46	0,51	0,55	0,60	0,64	0,67
	35^0	0,67	0,76	0,85	0,95	1,06	1,18	1,32	1,49
36	0^0	0,19	0,21	0,23	0,24	0,25	0,26	0,26	0,25
	10^0	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30	0,31	0,32	0,31
	15^0	0,24	0,26	0,29	0,31	0,33	0,34	0,35	0,35
	20^0	0,26	0,29	0,32	0,34	0,37	0,39	0,40	0,41
	25^0	0,29	0,33	0,36	0,39	0,42	0,45	0,47	0,49
	30^0	0,35	0,39	0,43	0,47	0,52	0,56	0,59	0,62
	35^0	0,49	0,55	0,62	0,68	0,78	0,83	0,91	0,99
37	0^0	0,19	0,20	0,22	0,23	0,24	0,25	0,25	0,24
	10^0	0,21	0,23	0,25	0,27	0,29	0,30	0,30	0,29
	15^0	0,23	0,25	0,27	0,30	0,31	0,33	0,34	0,33
	20^0	0,25	0,27	0,30	0,33	0,35	0,37	0,38	0,38
	25^0	0,27	0,31	0,34	0,37	0,40	0,43	0,45	0,45
	30^0	0,32	0,36	0,40	0,44	0,48	0,52	0,55	0,57
	35^0	0,42	0,48	0,54	0,60	0,66	0,72	0,79	0,84

Продовження таблиці Б.3

φ	p	Значення коефіцієнта λ при куті ε , рівному							
		0^0	5^0	10^0	15^0	20^0	25^0	30^0	
38	0^0	0,18	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,24	0,22
	10^0	0,20	0,22	0,24	0,26	0,27	0,28	0,29	0,28
	15^0	0,21	0,24	0,26	0,28	0,30	0,31	0,32	0,31
	20^0	0,23	0,26	0,29	0,31	0,33	0,35	0,36	0,36
	25^0	0,26	0,29	0,32	0,35	0,38	0,40	0,42	0,42
	30^0	0,30	0,34	0,38	0,41	0,45	0,48	0,51	0,53
	35^0	0,38	0,43	0,49	0,54	0,59	0,65	0,70	0,74
39	0^0	0,17	0,19	0,20	0,21	0,22	0,23	0,22	0,21
	10^0	0,19	0,21	0,23	0,25	0,26	0,27	0,27	0,26
	15^0	0,20	0,23	0,25	0,27	0,29	0,30	0,30	0,30
	20^0	0,22	0,25	0,27	0,30	0,32	0,33	0,34	0,34
	25^0	0,24	0,27	0,30	0,33	0,36	0,38	0,39	0,40
	30^0	0,28	0,31	0,35	0,39	0,42	0,45	0,48	0,49
	35^0	0,34	0,39	0,44	0,49	0,54	0,59	0,63	0,66
40	0^0	0,16	0,18	0,19	0,21	0,21	0,22	0,21	0,20
	10^0	0,18	0,20	0,22	0,24	0,25	0,26	0,26	0,25
	15^0	0,19	0,21	0,24	0,26	0,27	0,28	0,29	0,28
	20^0	0,21	0,23	0,26	0,28	0,30	0,32	0,32	0,32
	25^0	0,23	0,26	0,29	0,32	0,34	0,36	0,37	0,37
	30^0	0,26	0,29	0,33	0,36	0,40	0,42	0,44	0,45
	35^0	0,31	0,36	0,40	0,45	0,50	0,54	0,57	0,60
	40^0	0,59	0,68	0,77	0,88	1,00	1,14	1,29	1,48

ЛІТЕРАТУРА, ЩО РЕКОМЕНДУЄТЬСЯ

1. Автомобільні дороги. Норми проектування. ДБН В.2.3-4:2015. - [Чинний від 2016-04-01]. - К.: Мінрегіон України, 2015. - 104 с. - (Національні стандарти України).
2. Настанова з проектування підпірних стін. Норми проектування. ДСТУ Н Б В.2.1-31:2014. - [Чинний від 2015-10-01]. - К.: Мінрегіон України, 2015. - 86 с. - (Національні стандарти України).
3. Руководство по проектированию аэродромов. Часть 1: Взлетно-посадочные полосы. – Дос 9157; AN 901. - Международная организация гражданской авиации, 2006.

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять
з дисципліни «Будівельні конструкції, будівлі і споруди»
Частина II: Будівельні споруди.
(для студентів спеціальності
192 – «Будівництво та цивільна інженерія»)

Укладач:
Вікторія Борисівна ІГНАТЬЄВА

Редактор
Техн. редактор
Оригінал - макет

Підписано до друку __.__.21
Формат 60x84 1/16. Папір типогр. Гарнітура Times.
Друк офсетний. Умов. друк. 4,37 арк. Обл.- вид. 4 арк .
Тираж екз. 5 Вид. № . Замов. № Ціна договірна.
Видавництво Тернопільського національного технічного університету
імені Івана Пулюя
Свідоцтво про реєстрацію.

Адреса видавництва: 91034, м. Тернопіль, вул. Руська, 20а

Телефон: . Факс:

Е-mail:

[http:// www. tntu.edu.ua](http://www.tntu.edu.ua)